

4 种宿根花卉北京地区水分蒸散规律与节水灌溉

袁小环^{1,2} 段留生¹ 孙璐² 武菊英²

(1. 植物生理与生物化学国家重点实验室/中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094;

2. 北京草业与环境研究发展中心, 北京 100097)

摘要 为指导节水灌溉,2006年在北京市小汤山镇国家精准农业研究示范基地利用小型蒸渗仪研究了石竹、萱草、鸢尾、八宝景天4种宿根花卉人工控制条件下的蒸散规律。采用蒸散量反馈式灌溉原理设置了4个灌溉水平:100%ET_c(ET_c为充足灌溉水平下植物的实际蒸散量)、75%ET_c、50%ET_c、25%ET_c。100%ET_c灌溉水平下石竹和萱草出现7和9月蒸散高峰,鸢尾和八宝景天的蒸散曲线平缓,它们6—10月的总蒸散量分别为432.61、332.40、186.93和161.37mm。根据2006年试验地的实际降雨情况,6—8月4种植物均不需补充灌溉,但9、10月需补充灌溉,补充灌溉量分别为185.38、154.32、48.52和42.15mm。测量、记录4个灌溉水平下各种植物的生长和观赏指标,数据分析结果表明,相比100%ET_c的充足灌溉水平,在75%ET_c的轻微干旱胁迫下,石竹、萱草、鸢尾的生长没有显著差异,而八宝景天即使在50%ET_c的水平下生长和观赏性状也没有显著变化,说明八宝景天的耐旱性最强。因此石竹、萱草和鸢尾可以采取75%ET_c,而八宝景天采取50%ET_c的节水灌溉标准,相比充足灌溉分别节水46.35、38.58、12.13和21.08mm。

关键词 宿根花卉;蒸散;小型蒸渗仪;节水灌溉;蒸散量反馈式灌溉

中图分类号 S688.4;S161.4

文章编号 1007-4333(2007)06-0001-05

文献标识码 A

Evapotranspiration and water-saving irrigation of four perennial flowers in Beijing

Yuan Xiaohuan^{1,2}, Duan Liusheng¹, Sun Lu², Wu Juying²

(1. State Key Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry, College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Beijing Research & Development Center for Grass and Environment, Beijing 100097, China)

Abstract In order to guide water-saving irrigation, evapotranspiration (ET_c) of four perennial flowers, *Dianthus chinensis* L., *Hemerocallis fulva* L., *Iris tectorum* Maxim., and *Sedum spectabile* Boreau, was studied by minilysimeter under controlled condition in 2006 at National Precision Agriculture Research Station, Xiaotangshan, Beijing. Four irrigation levels were employed according to ET_c feedback irrigation principle as follows, 100% ET_c, 75% ET_c, 50% ET_c, and 25% ET_c (ET_c here means the evapotranspiration of plant at ample irrigation). At 100% ET_c irrigation level, *D. chinensis* and *H. fulva* had two ET_c peaks in July and September, respectively, while *I. fulva* and *S. spectabile* had a gentle ET_c curve. The total ET_c was 432.61 mm for *D. chinensis*, 332.40 mm for *H. fulva*, 186.93 mm for *I. tectorum*, and 161.37 mm for *S. spectabile* from June to October. According to the rainfall amount at the experiment site in 2006, additional irrigation was unnecessary for the four plants from June to August, but it was needed in September and October; the irrigation amount was 185.38 mm for *D. chinensis*, 154.32 mm for *H. fulva*, 48.52 mm for *I. tectorum*, and 42.15 mm for *S. spectabile*. Growth and ornamental indexes of four species under four irrigation levels were measured and analyzed and results show that the growth of *D. chinensis*, *H. fulva*, and *I. tectorum* was not significantly influenced by the slight drought treatment at 75% ET_c in comparison to that of the ample irrigation level at 100% ET_c. Remarkably, *S. spectabile* showed strongest drought-resistance and its growth

收稿日期: 2007-09-04

基金项目: 北京市科委重大项目资助(D0605001040291)

作者简介: 袁小环, 博士后, 主要从事园林植物研究, E-mail: sunringner@163.com; 武菊英, 研究员, 通讯作者, 主要从事草业科学研究, E-mail: wujuying1@263.net

varied insignificantly even at the irrigation level of 50 % ET_c vs. 100 % ET_c . In summary, *D. chinensis*, *H. fulva*, and *Iris tectorum* would save 46.34, 38.58 and 12.13 mm of irrigative water, respectively, by adoption of 75 % ET_c irrigation, and *S. spectabile* would save 21.08 mm if irrigated at 50 % ET_c level.

Key words perennial flower; evapotranspiration (ET_c); mini-lysimeter; water-saving irrigation; evapotranspiration feedback irrigation

北京是严重缺水城市,人均占有水资源量仅为 300 m^3 ,约占全世界人均水资源量的1/30,已成为城市可持续发展的瓶颈^[1]。从精准灌溉的角度出发研究北京农业、林业、城市园林的节水问题对于缓解水资源压力具有现实意义。

植物需水量与降雨量的差值为所需灌溉量。植物需水量包括植物同化过程耗水和植物体内包含的水分、蒸腾耗水、植株表面蒸发耗水以及土壤蒸发耗水4部分,其中蒸腾耗水和土壤蒸发占植物需水量的99%。通常把植物需水量近似理解为植物叶面蒸腾和棵间土壤蒸发的水量之和即蒸散量(evapotranspiration, ET_c)^[2]。掌握植物的蒸散规律是节水灌溉的基础。

植物蒸散研究始于农作物,围绕丰产和节水2个目标进行了充分探索,发展出多种研究方法和模型^[3-5],1980年后在草坪上得到广泛应用^[6]。城市园林生态系统具有植物种类繁多、组成复杂的特点,蒸散耗水特性多样。孟凡荣等曾对园林树木的蒸腾速率进行了研究^[7]。大量应用的宿根花卉的蒸散特性国内外尚未见报道。

萱草、鸢尾、八宝景天、石竹是北京园林中应用最广泛的宿根花卉,并各自具有不同的生长发育特性,研究其蒸散规律及控制灌溉下的生长表现将为北京园林地被节水灌溉提供理论指导。本研究旨在利用蒸散量反馈式灌溉方法测算4种宿根花卉的月蒸散量,结合降雨量和不同控制灌溉下的植物生长情况,确定适宜的节水灌溉标准。

1 材料与方法

1.1 试验材料及种植

试验于2006-06-01—10-31在位于北京市昌平区小汤山镇的国家精准农业试验示范基地进行。

石竹(*Dianthus chinensis*)、鸢尾(*Iris tectorum*)、萱草(*Hemerocallis fulva*)、八宝景天(*Sedum spectabile*)为2005年秋季的播种苗或扦插苗。2006-05-09将大小和长势相近的幼苗栽植于小型蒸渗仪中。蒸渗仪由PVC管制作,直径25 cm,深35 cm,底部中间有活

结使多余水流出。基质是园土与草炭体积比为3:1,复合肥(N、P和K体积比为30:10:10) 6 kg/m^3 。为了保证幼苗成活,移栽后进行正常灌溉。于6月1日进行充足灌溉后,开始试验。

1.2 试验区设置

每种花卉设1个2 m × 1 m的试验小区,小区内均匀安置3个小型蒸渗仪作为重复,每个蒸渗仪中栽植1棵苗。蒸渗仪埋于土壤中,露出地面5 cm以便于取出称重。在蒸渗仪的周围栽植相同大小的同种苗,株行距25 cm × 25 cm。小区上方搭遮雨棚,降雨时拉下塑料薄膜遮雨。

1.3 灌溉点确定

根据孙璐^[8]、万书琴等^[9]的研究,将20 cm深处的土壤水势达到-50 kPa时作为灌溉点。在蒸渗仪内安装真空表式土壤负压计(南京土壤所研制,量程为0~-100 kPa)监测土壤水势。

1.4 蒸散量测定

使用美国Ohaus公司产EP32001C型天平称重,测算蒸渗仪内蒸散量。采用蒸散量反馈式灌溉方法^[10],设置4个水平灌溉处理:100 % ET_c 、75 % ET_c 、50 % ET_c 和25 % ET_c ,其中 ET_c 为充足灌溉水平(为100 % ET_c 的灌溉处理)下植物的实际蒸散量。

试验区安装Dynamet小型自动气象站(美国Dynamax公司)采集气象数据。

1.5 控制灌溉对植物生长的影响

试验结束后测量各处理植株株高、冠幅、茎叶干重、根干重,计算根冠比。根冠比=根干重/茎叶干重。

1.6 数据分析

利用SPSS 11.5统计软件进行数据方差分析和差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 蒸散量与需补充灌溉量

4种宿根花卉的蒸散曲线呈现各自的特点(图1)。石竹与萱草的蒸散曲线相似,有7月和9月2个蒸散高峰,其中9月蒸散量最大。石竹9月蒸散量最高,达131.54 mm。鸢尾和八宝景天各月间蒸

散量差异较小,蒸散曲线平缓,蒸散高峰出现于 7 月。4 种宿根花卉按蒸散量高低依次为:石竹 > 萱草 > 鸢尾 > 八宝景天。

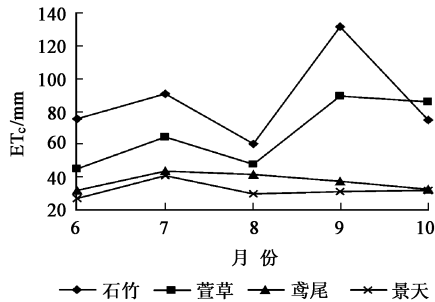


图 1 4 种宿根花卉的蒸散曲线(2006 年)

Fig. 1 ET_c curves of four perennial flowers from June to October, 2006

植物的蒸散受植物种类、气象因子、栽培管理措施影响。本试验中,同一试验地的气象因子与栽培管理措施均相同,4 种花卉表现出不同的蒸散量,是其本身生理特性决定的,反映了植物对水分的需求。

太阳辐射、气温、空气湿度、风速是影响蒸散的关键气象因子^[11]。本研究实测试验地的气象资料显示(表 1),由于 7、8 月份北京地区多雨,使总日照时数少,平均太阳辐射低,白天的相对空气湿度(平均日最低空气湿度)明显高于其他月份,与北京市多年的气象观测结果相同^[12]。连续的多阴高湿天气降低了植物蒸散强度,使得 8 月份石竹、萱草和八宝景天出现明显的蒸散低谷,鸢尾的蒸散量也较 7 月份有所下降。10 月份气温降低,植物的生命活动衰

表 1 试验地的关键气象因子(2006 年)

Table 1 Principle meteorological factors at the experiment site from June to October, 2006

月份	平均日均温/ °C	平均日最高 温/ °C	平均日最高 空气湿度/ %	平均日最低 空气湿度/ %	平均太阳辐射/ (kW/m ²)	平均风速/ (km/h)
6	24.6	31.9	90.8	32.0	0.20	1.15
7	25.1	29.8	97.1	58.3	0.15	0.76
8	25.2	31.2	99.2	53.3	0.15	0.38
9	19.4	28.5	99.3	33.0	0.18	0.40
10	14.1	21.5	98.3	37.7	—	0.56

微,蒸散随之减弱。

根据实测的各月蒸散量(图 1)和实际降雨量(表 2),推算出各月需补充灌溉量(表 3):6—8 月的降雨可以满足 4 种花卉的水分需求,均不需补充灌溉。9、10 月需补充灌溉,灌溉多少不等,其中石竹需量最大,2 个月合计为 185.38 mm,八宝景天需量

表 2 试验地降雨量(2006 年)

Table 2 Rainfall at the experiment site from June to October, 2006

月份	6	7	8	9	10	合计
降雨量/mm	80.77	151.63	126.24	9.14	11.94	379.72

表 3 4 种宿根花卉需补充灌溉量(2006 年)

Table 3 Water requirement of four perennial flowers from June to October, 2006 mm

试验花卉	月份					合计
	6	7	8	9	10	
石竹	—	—	—	122.40	62.98	185.38
萱草	—	—	—	80.03	74.29	154.32
鸢尾	—	—	—	28.06	20.46	48.52
景天	—	—	—	22.16	19.99	42.15

注:“—”为不需灌溉。

最少,为 42.15 mm。

2.2 不同灌溉处理对 4 种宿根花卉生长的影响

灌溉处理期间(2006-06-01—10-31),鸢尾和萱草花期已过;石竹始终处于花期,其中 6 和 9 月为盛花期;八宝景天 8 月下旬初花。不同灌溉水平下花卉的生长状况见表 4。

在 4 个灌溉水平下,石竹除了株高外,其余各指标皆差异显著,说明控制灌溉影响了石竹的生长。随灌溉量的减少,冠幅、茎叶干重、花量逐步下降,而根冠比呈上升趋势。

75% ET_c 灌溉水平下,石竹的 3 项观赏指标(株高、冠幅、花量)与 100% ET_c 灌溉处理无显著差异,说明 75% ET_c 的轻度控制灌溉不影响石竹的观赏性。

在 4 个灌溉水平下,萱草的冠幅和总叶面积差异显著,25% ET_c 的灌溉处理叶片数与其他处理间差异显著,其余指标均差异不显著,说明控制灌溉对萱草的影响主要表现在叶片形态上,尤其在 50% ET_c 和 25% ET_c 处理下,萱草的叶片较正常灌溉下窄而短。

75% ET_c 灌溉水平下,萱草的各项指标与 100%

表4 不同灌溉水平下4种花卉的生长状况

Table 4 Growth of four flowers at different irrigation levels

试验花卉	灌溉水平	株高/cm	冠幅/cm	茎叶干重/g	根干重/g	根冠比	总叶面积/cm ²	叶片数	茎数	花量/朵
石竹	100 %ET _c	32.67 a	59.33 a	51.69 a	7.40 b	0.14 d	—	—	—	20.67 a
	75 %ET _c	32.33 a	46.67 ab	47.43 b	10.47 a	0.22 b	—	—	—	20.00 a
	50 %ET _c	28.67 a	38.17 bc	28.44 c	5.36 c	0.19 c	—	—	—	6.67 b
	25 %ET _c	33.00 a	27.83 c	14.41 d	4.07 c	0.29 a	—	—	—	0 b
萱草	100 %ET _c	26.67 a	40.67 a	9.70 a	47.54 a	4.90 a	1 234.92 a	26.00 a	—	—
	75 %ET _c	27.00 a	36.33 ab	7.36 a	50.30 a	6.83 a	993.43 ab	26.33 a	—	—
	50 %ET _c	19.67 a	32.67 bc	8.11 a	34.53 a	4.26 a	585.46 bc	21.67 a	—	—
	25 %ET _c	25.33 a	28.83 c	6.21 a	33.33 a	5.37 a	407.78 c	10.00 b	—	—
鸢尾	100 %ET _c	32.33 a	37.17 a	26.67 a	29.04 a	1.09 a	1 918.74 a	35.33 a	—	—
	75 %ET _c	35.33 a	32.17 a	23.57 a	25.62 a	1.09 a	1 316.43 a	28.00 a	—	—
	50 %ET _c	31.33 a	24.67 a	5.28 a	4.82 a	0.91 a	344.41 a	12.33 a	—	—
	25 %ET _c	33.00 a	21.67 a	8.85 a	9.24 a	1.04 a	601.90 a	14.67 a	—	—
八宝景天	100 %ET _c	38.33 ab	28.50 a	17.87 ab	21.27 b	1.19 c	—	—	18.00 a	—
	75 %ET _c	29.33 bc	20.83 a	10.20 bc	17.61 b	1.73 b	—	—	19.67 a	—
	50 %ET _c	46.00 a	32.75 a	23.04 a	41.24 a	1.79 b	—	—	19.67 a	—
	25 %ET _c	21.00 c	18.50 a	4.77 c	14.12 b	2.96 a	—	—	6.33 b	—

注:同种植物每列数字后字母不同表示不同灌溉水平之间的差异显著性, $P=0.05$ 。“—”为未测定。

ET_c 处理下无显著差异,说明 75 % ET_c 的轻度灌溉处理对萱草没有显著影响。

株高、冠幅、根冠比是鸢尾比较稳定的性状,不同的灌溉处理对其没有明显影响。茎叶干重、根干重、总叶面积、叶片数等生长指标在同一灌溉处理的不同重复间差异较大,虽然随灌溉量的减少呈明显的下降趋势,方差分析差异并不显著。

在 50 % ET_c 灌溉水平下,茎叶干重、根干重、总叶面积、叶片数都明显降低,故 75 % ET_c 为适宜的控制灌溉水平。

不同灌溉水平下,八宝景天除冠幅外,其余指标差异显著,50 % ET_c 灌溉水平下的根干重显著高于其他处理,25 % ET_c 灌溉水平的茎芽数显著低于其他处理。随着灌溉量的减少,根冠比逐步上升。

由表 7 可见,在 50 % ET_c 水平下,八宝景天的株高、冠幅、茎叶干重、根干重和茎数在各处理中处于最高,而在 25 % ET_c 水平下生长不良,说明八宝景天适于在 50 % ET_c 的控制灌溉水平下生长。

3 结论与讨论

3.1 蒸散量与年变化规律

石竹与萱草在 7 月和 9 月出现 2 个蒸散高峰,

其中 9 月蒸散量最大;鸢尾和八宝景天的蒸散曲线平缓,蒸散高峰出现于 7 月。2006 年 6—10 月的总蒸散量分别为:石竹 432.61 mm、萱草 332.40 mm、鸢尾 186.93 mm、八宝景天 161.37 mm。根据 2006 年的降雨情况,6—8 月 4 种花卉均不需补充灌溉,9、10 月所需灌溉总量分别为 185.38、154.32、48.52 和 42.15 mm。2006 年为平雨年,影响植物蒸散的主要气象因素符合北京地区的气候特点,所得试验结果可为其他年份的节水灌溉提供借鉴和指导。

北京市 1959—1980 年的气象数据显示,影响蒸散的主要气象因子呈现明显的年变化规律。风速 4、5 月最大,8 月份最小;日照时数 5 月份最高,6 月份次之;相对湿度 8 月份最高,7 月份次高;月均最高温度 6、7、8 月份较高。根据 Penman-Monteith 公式计算出的参考作物蒸散量 (ET₀) 为 5、6 月份最高^[12]。

由表 1 可知,2006 年北京气候正常,主要气象因子符合该地区多年的变化规律。与参考作物蒸散量的年变化趋势不同,所测 4 种宿根花卉 7、9 两月的蒸散量最大,这是因为 ET₀ 只与气象因素有关,而植物的蒸散还受植物本身特性的影响。春萌、夏长、秋收、冬藏,随着生长发育,地面覆盖率、植株高度和叶面积

不断发生变化,6月植株幼小,因此蒸散量并不高。

园林植物方面,草坪草的蒸散研究较多,2001年草地早熟禾、高羊茅、黑麦草3种冷季型草坪草在北京地区8月的蒸散量最高,其次为5月,而狗牙根、野牛草、日本结缕草3种暖季型草坪草8、7月的蒸散量较高^[13]。同年孙强等的试验结果却表明高羊茅和草地早熟禾5月的蒸散量高于8月^[14]。估计为栽培条件、养护水平影响了草坪的生长状态所致。在养护条件一致的情况下,草坪郁闭后地面覆盖率、植株高度、叶面积全年变化很小,因此比较符合 ET_0 的年度变化规律。

3.2 宿根花卉的耐旱性与节水灌溉

根据在不同灌溉处理下的生长表现,石竹、萱草和鸢尾适宜采取75% ET_c 的灌溉水平,而八宝景天可以采取50% ET_c 的灌溉水平,则它们2006年9、10月适宜的节水灌溉量分别为139.04、115.74、36.39和21.08 mm,相比充足灌溉分别节水46.34、38.58、12.13和21.08 mm。

同样为宿根花卉,这4种植物的蒸散量差异较大,石竹为432.61 mm,八宝景天仅为161.37 mm,而八宝景天最耐旱,50% ET_c 的灌溉水平对其生长没有显著影响,适宜缺水严重的地区应用。

这4种植物在园林中应用以观花为主,需要补充灌溉的9、10月份石竹和八宝景天还在花期,充足的水分供应可以提高其观赏效果,此时观赏性不高的萱草和鸢尾可以减量灌溉。

参 考 文 献

- [1] 北京市水务局. 水资源——可怕的短板效应(视频) [EB/OL]. 2006. [2007]. <http://www.bjwater.gov.cn/Portalo/InfoModule.662/11107.htm>
- [2] 李兴春,林年丰,汤洁,等. 扎龙湿地生态环境需水量研究[J]. 吉林大学学报(理学版),2004,42(1):143-146
- [3] 胡继超,张佳宝,冯杰. 蒸散的测定和模拟计算研究进展[J]. 土壤,2004,36(5):492-497
- [4] 王笑影. 农田蒸散实测方法研究进展[J]. 农业系统科学与综合研究,2004,20(1):27-30
- [5] Monteith J L. Evaporation and environment [C]//G E Fagged. The State and Movement of Water in Living Organism. Cambridge:Cambridge University Press,1965:205-234
- [6] 赵炳祥,陈佐忠,胡林,等. 草坪蒸散研究进展[J]. 生态学报,2003,23(1):148-157
- [7] 孟凡荣,乔芳. 北京城区3种绿化树种蒸腾耗水性比较[J]. 福建林学院学报,2005,25(2):176-180
- [8] 孙璐,袁小环,武菊英,等. 拂子茅和早熟禾的灌溉比较研究[J]. 节水灌溉,2006(5):11-14
- [9] 万书琴,康跃虎,刘士平. 华北平原滴灌条件下土壤水势对萝卜生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(1):16-27
- [10] Carrow R N. Drought resistance aspects of turfgrasses in the southeast: evapotranspiration and crop coefficients[J]. Crop Sci, 1995, 35(1):685-690
- [11] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements [R]. Rome: FAO Irrigation and drainage paper,1998:56
- [12] 段永红,陶澍,李本纲. 北京市参考作物蒸散量的时空分布特征[J]. 中国农业气象,2004,25(2):22-25
- [13] 赵炳祥,胡林,陈佐忠,等. 常用六种草坪草蒸散量及作物系数的研究[J]. 北京林业大学学报,2003,25(6):39-44
- [14] 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