

风对喷灌质量及工程设计的影响研究

喻黎明¹, 牛文全²

(1. 长沙理工大学水利工程学院, 湖南 长沙 410114; 2. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以 30PSH 单喷头水力性能测试结果为基础, 按照组合系数分别为 1.0R (R 是射程)、1.1R、1.2R、1.3R 进行正方形布置, 研究不同工作压力、不同风级对均匀系数的影响, 结果表明: 喷灌工程设计在无风情况下采用“低压大间距”的方式, 既能满足均匀系数的要求, 也能使成本较低, 其工作压力为 0.25 MPa, 组合间距为 1.3R; 当风力为一、二级时, 采用“低压小间距”的方式也能满足均匀系数的要求, 还能使成本下降, 即工作压力为 0.25 MPa, 组合间距为 1.1R 或者 1.0R; 当工程已经完成, 通过调整轮灌区次序、增加或减少打开阀门的个数来适应不同风力的要求, 在满足均匀度的条件下, 降低运行成本。

关键词: 风力; 均匀系数; 组合系数; 工作压力

中图分类号: S275.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0151-05

在喷灌工程设计中, 保证能满足作物对灌水质量要求的前提下, 除考虑通过喷头的合理布置形式来降低成本外^[1], 还必须要考虑风、地形等对喷灌质量的影响^[2-3]。

喷灌均匀性是评价与设计喷灌工程的主要因素之一。影响喷灌均匀性的因素主要是: 单喷头的水力性能、工作压力、喷头的布置形式、喷头的组合系数、喷头转速的均匀性、竖管的倾斜度、地面坡度、地面风向风速等^[4]。当工程设计中选择了合格喷头后, 喷头的水力性能、转速及其转动均匀性、地面坡度等都成了固定参数^[5], 为提高喷灌系统的灌溉质量, 降低系统价格, 工程设计应该根据当地风向风速, 选择合理的工作压力、布置形式和组合系数。根据文献^[6], 组合系数和工作压力对均匀性的影响比布置形式大, 这两个因素也直接决定喷灌系统的工程造价。而工程设计中风对组合系数和设计工作压力的确定起非常大的作用, 因此, 科学设计喷灌工程, 必须考虑到风对灌溉质量和工程造价的影响。

一般来说, 喷灌应当无风或在一、二级风的情况下开启^[7]。本试验将只讨论无风和一、二级风的情况下喷灌系统的设计与运行, 对于风力是三级或大于三级, 在喷灌工程手册里面就已经指出, 此条件下, 不再适合喷灌了。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本实验采用美国雨鸟公司生产的 30PSH 喷头, 其基本性能如表 1 所示。

表 1 30PSH 喷头的技术参数

Table 1 Technology parameter of the 30PSH sprinkler

项目 Item	工作压力 Work pressures (MPa)			
	0.25	0.30	0.35	0.40
射程 Range (m)	15.8	16.5	16.8	17.0
流量 Flowrate (m ³ /h)	2.3	3.0	3.2	3.3

注: 主副喷嘴的直径分别为 5.14 mm 和 3.18 mm。

在喷头的各种布置形式中, 正方形布置能适应风向经常改变的情况^[8,9], 所以下文提到的组合系数均指正方形布置形式的组合系数, 即喷头间距和支管行距都是喷头射程相同的倍数。

1.2 试验系统

在本实验中, 系统包含水泵的压力是 0.63 MPa, 流量是 44 m³/h, 所采用能调整喷头工作压力的变频仪的精度能达到 0.01 MPa, 能测出风速风向的风速仪的精度能达到 0.01 m/s。试验还需若干量筒、30PSH 喷头、喷头支架、管道等设备。

1.3 试验方法

(1) 观测风速风向, 设定风速仪。

(2) 开启水泵, 将变频仪调压到 0.25、0.30、0.35、0.40 MPa^[10], 分别记录单喷头水量分布、射程、流量以及喷头的结构参数^[11]。

(3) 根据单喷头的水力特性, 按照正方形布置形式, 分别采用组合系数为 1.0R、1.1R、1.2R、1.3R 的组合进行喷洒实验^[12-15]。

(4) 关闭水泵, 记录风速仪数据并记录雨量筒的水量^[16]。

收稿日期: 2011-02-10

基金项目: 国家十二五“863”课题“低能耗微灌技术与产品”(2011AA100507); 长沙理工大学水利学院重点学科建设资助项目“滴灌微小流道中沙粒运动对抗堵塞性能的研究”

作者简介: 喻黎明(1976—), 男, 湖南长沙人, 讲师, 主要从事节水灌溉理论与设备研究。E-mail: liming16900@yahoo.cn。

1.4 试验场地

测试试验在国家杨凌节水工程技术研究中心试验场进行,测试场地平坦,夏季早上 5:00 到 7:00 无风,中午至下午风力逐渐加大。

2 试验结果与分析

2.1 无风情况(即零级风,风速在 0.3 m/s 以下)

30PSH 单喷头在无风的情况下,喷洒域成近似圆,其降水等深线也近似同心圆,沿射程方向的水量分布近似等腰三角形,如图 1 所示。靠近喷头位置的降水较多的原因在于副喷嘴的散水能力强,使得副喷嘴所控制的区域和主喷嘴控制的区域没有较好的连接,因而在距离喷头 3~4 m 的位置上形成降雨量较少的情况,这种情况对每一累喷头都会不一样,需要采用合理的组合系数提高整体的均匀系数。

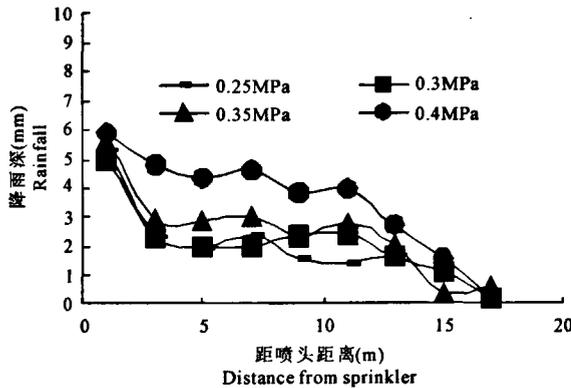


图 1 30PSH 单喷头不同压力下的水量分布
Fig.1 Water distribution of 30PSH single sprinkler of the different working pressures

图 2 表示的是:无风时,不同的组合系数和不同的工作压力下均匀系数曲线。当组合系数为 1.1R 和 1.2R 时,不同工作压力下其均匀系数差别比较大;而采用组合系数为 1.0R 和 1.3R,特别是 1.3R 时,工作压力虽然不同,但产生的均匀系数却比较接近,而且它们均达到或高于国家标准(75%)^[17]。结合分析无风时组合系数分别为 1.0R 和 1.3R 的水量空间分布图 5 和图 6,从图形上看,图 5 的水量分布更加均匀,喷头远处水量叠加比较多,由副喷嘴产生的高值和主喷嘴产生的高值能基本错开;而图 6 更多的体现单个喷头的水量分布,而喷头远处水量叠加比较少,但是在均匀度上都能满足工程需要。

2.2 有风情况(一级风:0.3~1.5 m/s,二级风:1.6~3.3 m/s)

从图 3、图 4 上可以看出:两种风力下均匀系数

的总体趋势是:组合系数越大,所有工作压力下的均匀系数就越低,特别在二级风时,当组合系数达到 1.3R 时,均匀系数都下降到 50%左右;而组合系数小时,不管是压力大还是压力小,其均匀性都是比较高的,当组合系数为 1.0R 时,不管用什么样的工作压力,均匀系数都能达到或者接近标准要求;在图 3 中,如果采用 1.1R 时,还可以采用 0.25 MPa 的工作压力,但组合系数不应再增加,对图 4 中,采用 0.25 MPa 的工作压力时,组合系数为 1.2R 时均匀系数还能满足工程需要,但到 1.3R 时,则不能达到要求。结合一、二级风水量空间分布图 7、图 9 和图 8、图 10,也能明显看出,在同样的风力影响下,小组合系数水量分别明显要比大组合系数水量分布均匀,在图 10 中,每小时的平均降水量是 4.72 mm/h,但是最大的降雨量接近 12 mm/h,而最小的降雨量是 0.6 mm/h,均匀系数为 66%,低于标准。

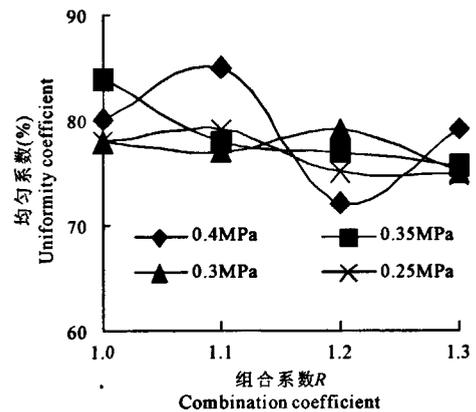


图 2 30PSH 在无风的情况下的均匀系数曲线
Fig.2 Uniformity coefficient curve of 30PSH sprinkler without wind power

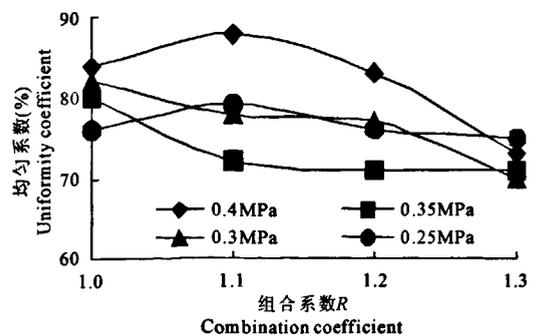


图 3 30PSH 在一级风的情况下的均匀系数曲线
Fig.3 Uniformity coefficient curve of 30PSH sprinkler under the first wind power

采用低压喷灌时,喷出的水舌粉碎程度较低,还需要考虑水滴对作物的打击,本试验采用简化的坦达雾化公式表示: $Pd = H/(1000D)$,式中: Pd 为喷

头水舌的粉碎程度,即雾化指标^[13]; H 为喷嘴的工作压力(m); D 为喷嘴的直径(mm)。根据公式,压力越大,雾化程度越高,喷头喷出的水滴直径越小,风对水滴的漂移就越明显;喷嘴直径越大,雾化程度越低,水滴直径就越大。因此,当采用“低压小间距”进行设计时,还需根据不同作物对雾化程度的要求采用不同的工作压力和喷嘴直径^[17]。

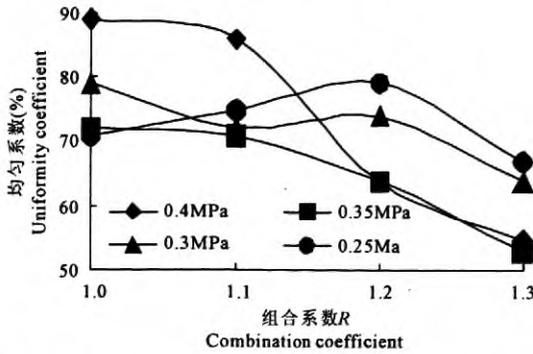


图 4 30PSH 在二级风的情况下的均匀系数曲线
Fig.4 Uniformity coefficient curve of 30PSH sprinkler under the second wind power

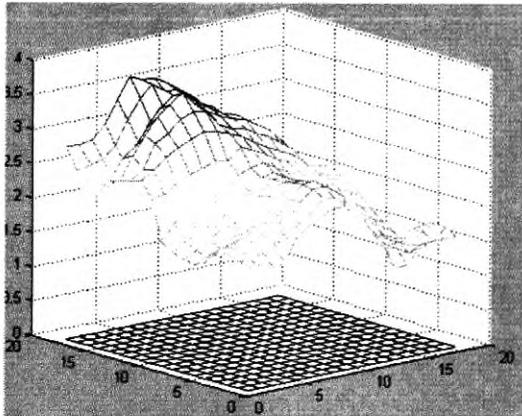


图 5 无风时 1.0R 下 10 分钟 0.25MPa 的雨量分布图
Fig.5 Water distribution without wind power under 0.25MPa working pressure in 10 minutes when combination coefficient equals 1.0R

而且逆风时,缩短的射程比顺风时增加的射程要多,从而总的面积减少,降雨强度增加;在风的作用下,喷头附近水量高度集中;而且,有风情况下喷头的转速不均匀,逆风时转速低,喷水量较多,顺风时,转速快,喷水量少,水量分布变得不规律,均匀系数下降。尽管在多喷头进行灌溉时,一个喷头的顺风侧能一定程度上弥补另外一个喷头的逆风侧,但在整个灌溉面积上,其均匀系数还是受到风的影响,而且,风越大影响越严重。

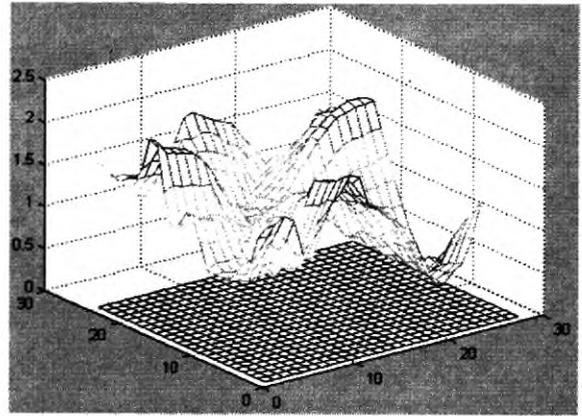


图 6 无风时 1.3R 下 10 分钟 0.25MPa 的雨量分布图
Fig.6 Water distribution without wind power under 0.25MPa working pressure in 10 minutes when combination coefficient equals 1.3R

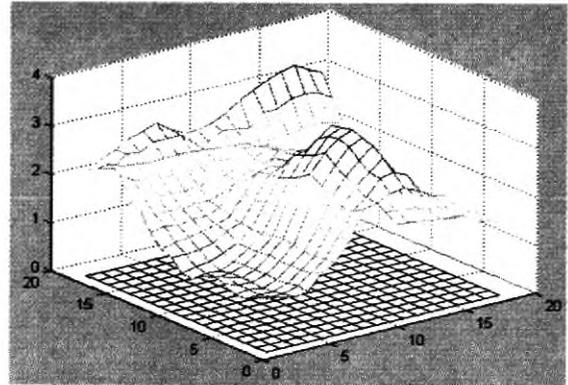


图 7 一级风时 1.0R 下 10 分钟 0.25MPa 雨量分布图
Fig.7 Water distribution with the first wind power under 0.25MPa working pressure in 10 minutes when combination coefficient equals 1.0R

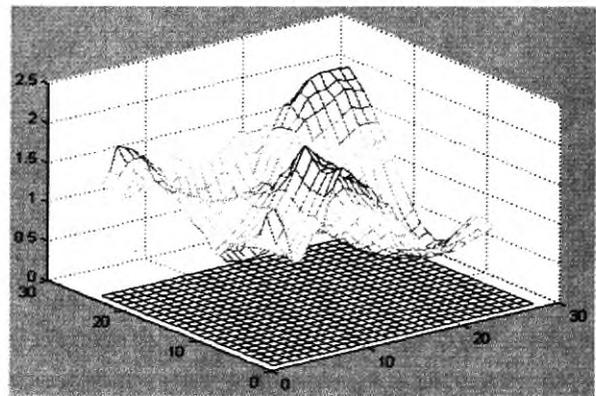


图 8 一级风时 1.3R 下 10 分钟 0.25MPa 雨量分布图
Fig.8 Water distribution with the first wind power under 0.25MPa working pressure in 10 minutes when combination coefficient equals 1.3R

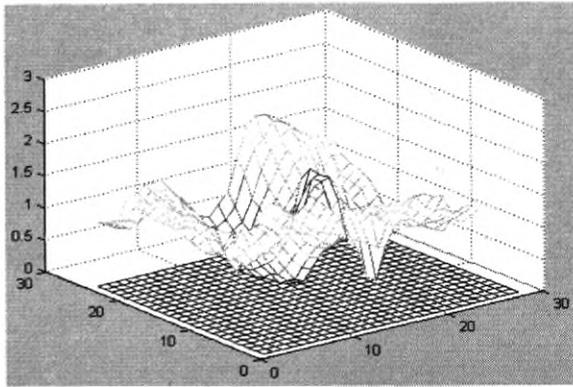


图 9 二级风时 1.0R 下 10 分钟 0.25MPa 雨量分布图
Fig.9 Water distribution with the second wind power under 0.25MPa working pressure in 10 minutes when combination coefficient equals 1.0R

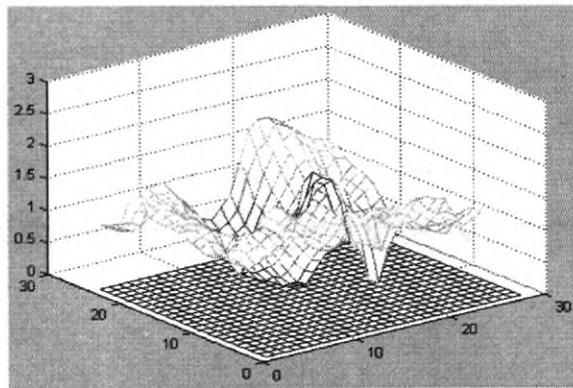


图 10 二级风时 1.3R 下 10 分钟 0.25MPa 雨量分布图
Fig.10 Water distribution with the second wind power under 0.25MPa working pressure in 10 minutes when combination coefficient equals 1.3R

2.3 工程运行时的微调

对于已运行的喷灌工程系统,组合系数是固定的,因此只能通过对系统压力的微调 and 选择不同风力风级情况下以保证均匀性要求。

组合系数为 1.0R 和 1.1R 时,如图 11、12 所示,说明已经考虑了风的影响。无风时,均匀系数在不同工作压力下都保持较高的均匀性;而且在整体趋势上,工作压力越大,均匀系数越高;一二级风对均匀性的影响较小,工作压力为 0.25 MPa 和 0.4 MPa 时,均匀系数变化不明显,整体上比较接近,造成这种现象的原因是:当 0.25 MPa 时,由于水珠较大,风对水珠漂移的影响较小;而大的工作压力下形成的小水珠在小的组合系数下也能达到较高的均匀分布,能适合二级风以及以下的风力下进行喷灌。

当组合系数为 1.2R 和 1.3R 时,如图 13、14,设计的喷灌工程对风可能造成的影响考虑不多。当工作压力较大时,风对均匀性影响较大,均匀度较差。

所以很明显,风力较小时,能进行喷灌,而当二级风时,除组合系数为 1.2R,工作压力为 0.25 MPa 和 0.3 MPa 外,其它的都喷灌效果都比较差。

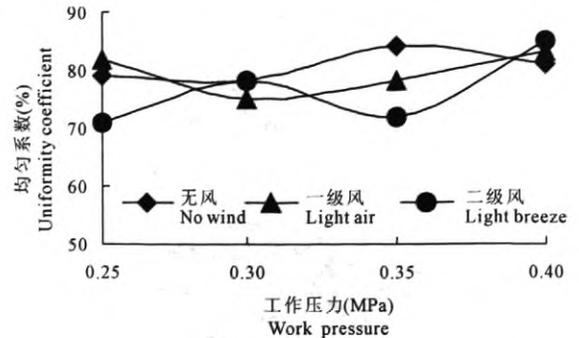


图 11 30PSH 在组合系数为 1.0R 时,不同工作压力、风级下的均匀系数曲线

Fig.11 Uniformity coefficient under the different working pressure and wind power when combination coefficient is 1.0R

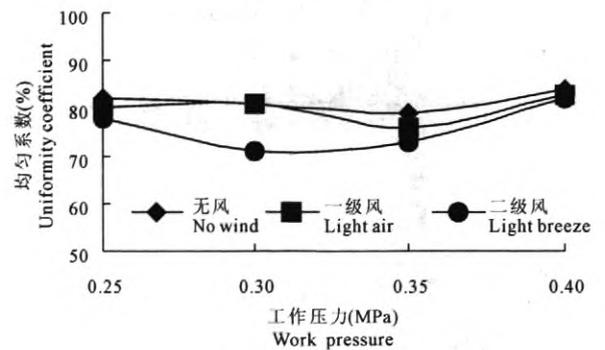


图 12 30PSH 在组合系数为 1.1R 时,不同工作压力、风级下的均匀系数曲线

Fig.12 Uniformity coefficient under the different working pressure and wind power when combination coefficient is 1.1R

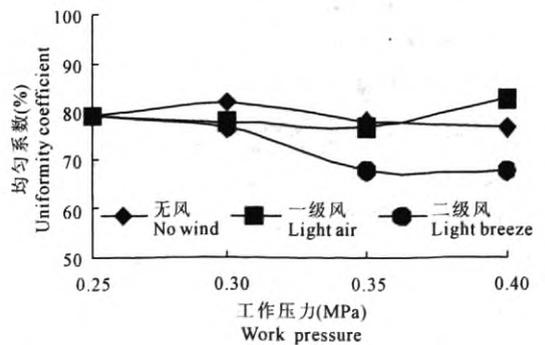


图 13 30PSH 在组合系数为 1.2R 时,不同工作压力、风级下的均匀系数曲线

Fig.13 Uniformity coefficient under the different working pressure and wind power when combination coefficient is 1.2R

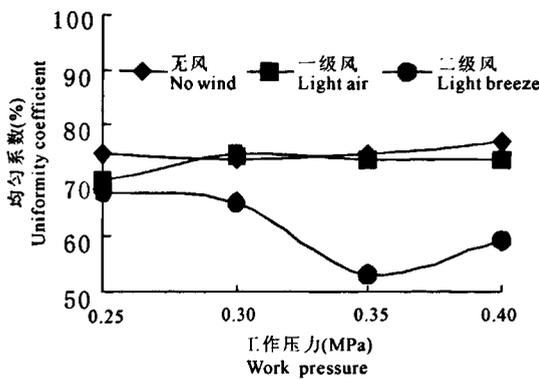


图 14 30PSH 在组合系数为 1.3R 时,不同工作压力、风级下的均匀系数曲线

Fig. 14 Uniformity coefficient under the different working pressure and wind power when combination coefficient is 1.3R

3 结论

1) 在进行喷灌工程设计时,应当结合当地的实际风向风级,选择合理的组合系数和工作压力,如在风小或者无风情况下,可以采用“低压大间距”^[16]的方式,使之组合系数达到 1.3R,选择比较低的工作压力,能有效的降低一次性投资和系统的运行成本;而对于一、二级风的情况下,使用“低压小间距”的方式,对于一级风,组合间距还可以达到 1.2R,以降低一次性投资,而风力达到二级时,就应当采用 1R 或者 1.1R 的组合间距了;而“高压小间距”的方式导致一次性投资高,运行成本也高,且可能导致均匀系数反而下降。

2) 在进行喷灌时,由于喷灌工程已经完成,即组合系数是一定的,而且工作压力的调整也是非常有限的,但还是能进行局部的调整,所以能够根据当地的实际风力风向,选择喷灌时间和局部调整压力。当组合系数为 1R 和 1.1R 时,尽管风力对均匀性的影响大,但基本上能适应不同的风力情况;当组合系数为 1.2R 和 1.3R 时,对于无风或者一级风的情况下,基本上各个工作压力下都能进行喷灌,对于二级风,只有在压力比较低的情况下,才适合进行喷灌;在实际工程中,一般会有多个轮灌区,在系统靠近水泵位置的轮灌区的压力一般会比较高,距离远的压力相对较低,这个压力高低的差距,在管路较长的时明显。当组合系数大时,可以通过增加水泵的过流量,即多开喷头,以及调节灌溉组的阀门压力大小等

方式来降低喷头的工作压力降低成本,以实现提高均匀性的目的。

3) 每一类喷头沿射程方向的水量分布都不相同,不同的布置方式及组合间距导致均匀系数差距较大,对于水量分布相似的喷头,可以使用本文提到的设计方法。但本试验只对正方形布置方式进行了实验研究,没有对三角形和矩形布置等进行试验,在风向和风速的影响下,也有可能对工作压力要求低而且能使用大间距的组合方式。

参考文献:

- [1] 朱尧洲.用边际分析法推求喷灌工程设计风速[J].水利学报,1994,(8):10—17.
- [2] 李久生,饶敏杰,张建君.干旱地区喷洒水利用系数的田间试验研究[J].农业工程学报,2002,18(6):42—45.
- [3] 李久生,饶敏杰.喷灌均匀系数对冬小麦需水规律的影响[J].农业工程学报,2002,18(6):58—63.
- [4] 陈震宇,袁永珍.ZY-2型喷头水力性能及喷头组合试验[J].山西农业学报,1999,27:41—46.
- [5] 张新华.有风条件下PY1-30型单喷头喷洒湿润图形的变化规律[J].喷灌技术,1985,(1):8—10.
- [6] 喻黎明,吴普特,牛文全.组合间距、工作压力和布置形式对喷灌均匀系数的影响[J].水土保持研究,2002,9(2):29—33.
- [7] Tarjuelo J M, JFO rega, JM ontero, et al. Medeling evaporation and drift losses inirrigation with medium size sprinkler under semiarid conditions[J]. Agric Water Manage, 2000, 43:263—284.
- [8] 严海军,郑耀泉.两种园林地埋式喷头组合喷洒性能的模拟试验[J].农业工程学报,2004,20(1):84—86.
- [9] Seginer I, Kantz D, Nir D. Indoor measurement of single-radius sprinkler patterns[J]. Transactions of the ASAE, 1992, 35(2):523—533.
- [10] Chen D, Wallender W W. Economic sprinkler selection spacing, and orientation[J]. Transaction of the ASAE, 1984, 27(2):737—743.
- [11] 水利电力部科学技术情报所.国外喷灌技术[M].北京:水利电力出版社,1997.
- [12] Zanon E R, Testezlaf R, Matsura E J. A data acquisition system for sprinkler uniformity testing[J]. Transactions of the ASAE, 2000, 16(2):123—127.
- [13] Bradley A R, Jeffrey C S, Dennis C K. Spot light on sprinkler irrigation uniformity[J]. Irrigation Journal, 2000, (3):8—14.
- [14] Fisher, Wallender W W. Collector size and test duration effects on sprinkler water distributions measurement[J]. Transactions of ASAE, 1988, 31(12):1078—1080, 1086.
- [15] 安养寺久男.林中卉译.喷头的喷洒图形与组合喷洒均匀性[J].喷灌技术,1983,(2):54—58.
- [16] 许一飞,许炳华.喷灌机械原理、设计、应用[M].北京:中国农业机械出版社,1989.
- [17] 喷灌工程设计手册编写组.喷灌工程设计手册[M].北京:水利电力出版社,1989.

(英文摘要下转第 162 页)

- [10] 张丽华, 陈亚宁, 李卫红, 等. 干旱区荒漠生态系统土壤呼吸 [J]. 生态学报, 2008, 28(5): 1911—1921.
- [11] Davidson E A, Belk E, Boone R D. Soil water content and temperature as independent or confound factors controlling soil respiration in a temperature mixed hardwood forest [J]. *Global Change Biology*, 1998, 4: 217—227.
- [12] Valentini R, Kane H. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forest [J]. *Nature*, 2000, 404: 861—865.

Study on diurnal dynamic characteristic of soil respiration in oasis cotton field of arid area

CAO Xing¹, CHEN Rong-yi², CAI Xin-ting¹, WANG Si-meng¹, JIANG Heng¹

(1. *Urumqi Meteorological Administration, Urumqi 830000, China;*

2. *Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830002, China*)

Abstract: By using the LI-8100 Automated Soil CO₂ Flux System, we determined the diurnal dynamic characteristic of soil respiration in oasis cotton field. The results indicated that: The diurnal fluctuation of soil respiration is characterized by single-peaked curve, and the average rate of soil respiration of drip irrigation field, flood irrigation field and abandoned farmland is 3.45, 3.37 μmol/(m²·s) and 1.63 μmol/(m²·s) respectively. In addition, the peak value of soil respiration occurs at 15:00 ~ 20:00 (Beijing time), the valley value mainly occurs at 4:00 ~ 6:00, there is a increasing tendency about the rate of soil respiration after 6:00. The diurnal changes of soil respiration are similar in different weathers, and the average daily value in fine day is higher than that in cloudy day, which is also higher in day than that at night. The rate of soil respiration changes fiercely during the day and falls slowly during the night. The average values of soil respiration rate during the day and night in cotton field are higher than those in abandoned farmland.

Keywords: arid area; oasis cotton field; soil respiration; diurnal dynamic

(上接第 155 页)

Study on the design and application of spraying irrigation for the influence of wind

YU Li-ming¹, NIU Wen-quan²

(1. *School of Hydraulic Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha, Hu'nan 410114, China;*

2. *College of Water Resource and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China*)

Abstract: Based on the test results of the hydraulic performance of the single sprinkler 30PSH, sets up the square form according to the combination coefficient such as 1.0R (range), 1.1R, 1.2R, 1.3R, studies the uniformity coefficient and different work pressure, and this paper puts forward that when designers make designs who should abide by the principle of low pressure and big combination distance which can be content with the uniformity and the lower cost when the wind power is very low even though without wind, i. e. designers should use the low pressure such 0.25 MPa, and the big combination coefficient such as 1.3R; the principle of low pressure and small combination distance which can be content with the uniformity and decrease the cost when the wind power is the first and second grade, i. e. designers should use the low pressure such 0.25 MPa, and the big combination coefficient such as 1.1R or 1.0R. while the project finished, under the condition of the uniformity, the manager can decrease the operation cost by adjusting the shifts and increasing or decreasing the opening valves to deal with the different wing power.

Keywords: wind power; uniformity coefficient; combination coefficient; work pressure