

水稻耗水规律及节水灌溉技术的试验研究

钱国萍 曹乃和 陆葆跃 周昌云

(江苏省如皋市气象局,226500)

周新民 肖海涛

(江苏省如皋市水利局水利科研站)

提 要

根据 18 年的水稻耗水量试验资料,寻找水稻耗水量与光、温、水等气象要素的一般规律。在此基础上,考虑未来天气趋势和土壤性质的作用,确定水稻的灌溉量。该灌溉技术既满足水稻生理需水,又能达到节约用水,减少成本,夺取稳产高产的目的。

关键词: 水稻 耗水量 灌溉量

引 言

如皋市地处长江下游,属亚热带湿润气候区。据如皋市水务局调研,工农业生产用水水平年(1996年)缺水 $1447 \times 10^4 \text{m}^3$,缺水率 5%;一般干旱年(1983年)缺水 $2575 \times 10^4 \text{m}^3$,缺水率 10%;特殊干旱年(1978年)缺水 $9375 \times 10^4 \text{m}^3$,缺水率 30%。高砂土地区由于渗漏严重,缺水矛盾更突出。随着经济的繁荣和社会的发展,其他行业与农业生产争水现象日益突出。因此,水资源的不足将严重制约城市人民生活水平的提高和农业生产的发展。

如皋地区高砂土面广量大,且地势高,海拔高度一般在 5m 以上,高出邻近县市,是江苏南通地区地势最高、缺水最多的地区。灌水利用率仅为 45% 左右,其中因砂土造成的渗漏占水损失量的 54.5%。为了充分珍惜和合理使用本地区有限的水资源,为节水灌溉提供科学的决策依据,为农田水利设施建设提供有价值的参考资料,确保水稻高产稳

产,特进行本试验。

1 试验简介

1.1 基本情况

水稻耗水量测定点设在江苏省如皋市水利科研站。试验观测人员为水利科研站的工作人员。试验的全套仪器设备、观测方法、资料计算符合水利部门科研要求。从 1981 年至 1994 年连续 14 年进行测定,从 1998 年起又连续测定 4 年。供试品种为 8169 系列,土质为砂壤土,试区面积 1000m^2 。水稻 6 月 21 日移栽,10 月 10 日前后收获。

1.2 试验方法

利用 3 只有底和 3 只无底一组 6 只各 15m^2 蒸渗器,同时埋设 3 只有底一组各 0.20m^2 蒸渗器,并在稻田内设置测桩,打地下水观测井。

从鱼池中提水注入泵房内 6 只水池内,然后通过地下水连通管将池内的水有计划地放入 15m^2 的蒸渗器内,器外的水利用在进口处装上 2 英寸水表量水灌溉。

1.3 资料来源

(1)平行观测的气象资料用如皋市气象局基本观测资料代替(测点距观测站较近环境条件基本一致)。

(2)用3只15m²的无底蒸渗器的平均耗水量减去3只15m²有底的平均耗水量的差值为水稻田垂直渗漏量。

(3)用3只15m²的有底蒸渗器单位面积上的平均耗水量减去3只10×40×50cm³有底蒸渗器单位面积耗水量的平均值为水稻蒸腾的量。

(4)3只有底10×4×50cm³蒸渗器的平均耗水量为蒸发的量。

(5)测桩供测定稻田水位变化之用。稻田单位面积的耗水量与3只15m²的无底蒸渗器单位面积的平均耗水量的差值为稻田旁

渗的量。

2 水稻耗水量与气象条件的关系

水稻耗水量是多种因素综合影响的结果,主要包括蒸腾、蒸发、渗漏(含旁渗和垂直渗漏)以及作物本身碳水化合物增加所需要的水分,此种水分相比之下较少,可以忽略不计。蒸腾和蒸发消耗水分的多少主要受气象条件的制约,而在气象条件中,温、光对水稻蒸腾、蒸发的多少起着决定性的作用。

下面我们专门研究气温和光照对水稻蒸腾、蒸发耗水量的作用。

2.1 水稻各个生育阶段耗水量与温度的关系

利用水稻各个生育阶段的耗水量与其>0℃的积温(用ΣT表示)建立数学模式(详见表1)。

表1 水稻各个生育阶段耗水量与积温的数学关系式

生育期	数学模式	相关比	或然误差 ^[1]	样本数
返青	$E_{11} = 0.0026(\Sigma T)^2 - 0.2555(\Sigma T) + 45.0220$	0.7771	0.0714	14
分蘖	$E_{12} = 123.79e^{0.0013(\Sigma T)}$	0.8409	0.0528	14
拔节	$E_{13} = 0.5656(\Sigma T) - 22.4570$	0.8655	0.0452	14
开花	$E_{14} = 0.3992(\Sigma T) + 38.5510$	0.7333	0.0833	14
灌浆	$E_{15} = 0.6295(\Sigma T) - 29.3660$	0.7829	0.0698	14
黄熟	$E_{16} = 100.52\ln(\Sigma T) - 411.34$	0.5307	0.1295	14
全生育期	$E_{17} = -0.0001(\Sigma T)^2 + 1.0617(\Sigma T) - 506.68$	0.7568	0.0770	14

从表1可以看出:水稻各生育期数学模式的相关比均远远大于或然误差的4倍,故认为各数学模式检验效果显著。还可以看出:气温越高,水稻耗水量越大,分蘖、拔节、灌浆三生育阶段的关系式比较显著^[2]。这是因为随着气温的升高,水面蒸发量就增大;同时,在一定的温度范围之内,随着温度的升高,作物体内各种酶的活性也随着增强,新陈

代谢、光合作用、茎叶蒸腾等消耗的水分也就多。

2.2 水稻各生育阶段耗水量与日照的数量关系

水稻各生育阶段耗水量与其日照累积值(用ΣS表示)有较好的一一对应关系(详见表2)。

从表2可以看出:水稻各生育期数学模

表2 水稻各生育阶段耗水量与日照的数学关系式

生育期	数学模式	相关比	或然误差	样本数
返青	$E_{21} = 47.312e^{0.0127(\Sigma S)}$	0.6255	0.1097	14
分蘖	$E_{22} = 69.5421\ln(\Sigma S) - 71.181$	0.5749	0.1207	14
拔节	$E_{23} = 185.88\ln(\Sigma S) - 541.57$	0.6555	0.1028	14
开花	$E_{24} = 0.0009(\Sigma S)^3 - 0.1445(\Sigma S)^2 + 8.3038(\Sigma S) - 28.943$	0.8044	0.0636	14
灌浆	$E_{25} = 187.61\ln(\Sigma S) - 636.99$	0.8588	0.0473	14
黄熟	$E_{26} = 73.8921\ln(\Sigma S) - 166.46$	0.6099	0.1132	14
全生育期	$E_{27} = -0.002(\Sigma S)^2 + 3.989(\Sigma S) - 313.77$	0.7321	0.0837	14

式的相关比均远远大于或然误差的4倍,故认为各数学模式检验效果均显著。

水稻拔节至灌浆期是水稻由营养生长逐渐向生殖生长过渡的时期,植株日趋长大定型,群体日趋茂盛,需要足够的光照,用于增强光合作用,用于蒸腾、蒸发,因此耗水量也就多^[2]。

3 水稻各生育期灌溉量的确定方法

表3 水稻各生育期耗水量的综合数学模式

生育期	数学模式	相关比	或然误差	样本数
返青	$E_{31} = 0.0014(\Sigma T)^2 - 0.1416(\Sigma T) + 21.0997e^{0.0127(\Sigma S)} + 24.9435$	0.7576	0.0768	14
分蘖	$E_{32} = 73.5240e^{0.0013(\Sigma T)} + 28.2381\ln(\Sigma S) - 28.9037$	0.8129	0.0612	14
拔节	$E_{33} = 0.3218(\Sigma T) + 80.1088\ln(\Sigma S) - 246.1794$	0.7639	0.0571	14
开花	$E_{34} = 0.1904(\Sigma T) + 0.0005(\Sigma S)^3 - 0.0756(\Sigma S)^2 + 4.3436(\Sigma S) + 3.2455$	0.8302	0.0561	14
灌浆	$E_{35} = 0.3002(\Sigma T) + 98.1328\ln(\Sigma S) - 347.2118$	0.8781	0.0413	14
黄熟	$E_{36} = 46.7675\ln(\Sigma T) + 39.5134\ln(\Sigma S) - 280.3917$	0.6014	0.1151	14
全生育期	$E_{37} = 0.0001(\Sigma T)^2 + 0.5397(\Sigma T) - 0.0010(\Sigma S)^2 + 0.9614(\Sigma S) - 411.8261$	0.7672	0.0742	14

由于外界条件、生理和生态的影响,不同阶段的耗水量有明显的差异,存在一定的规律。要知道水稻某时段的耗水量,只要算出表3中某时段前后两次耗水量的差值。可表示为:

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

3.3 水稻耗水量与渗漏及地下水位的关系

据试验资料,水稻生长期间,水稻田地下水位的变幅不大。渗漏的量因土壤性质而异,高砂土田块渗漏量大,粘壤土渗漏量较小。对同一土壤性质而言,渗漏的量基本是一个定数,可用 $G = dn$ 表示,式中 G : 渗漏量, d : 日渗漏量, n : 天数。

3.4 灌溉量的确定

3.4.1 计算灌溉量的确定

水稻灌溉量主要用于蒸腾、蒸发、渗漏;它的多少还受降水量的影响。因此,灌溉量用函数关系式表达为:

$$\begin{aligned} Q &= f(\Sigma T, \Sigma S, R, G) \\ &= f(E, R, G) \\ &= \Delta E + G - R \\ &= \Delta E + nd - R \end{aligned}$$

3.1 确定水稻各生育期耗水量的综合模式

水稻耗水量是在诸多因素共同作用下促成的,这些因素的作用有主次之分。若其他条件相对稳定时,水稻的耗水量(用 E 表示),基本就是 (ΣT) 、 (ΣS) 的函数。因此,运用相关集成综合法得到关于水稻耗水量的数学关系式(表3)。

3.2 某一时段耗水量的确定方法

式中: G 为渗漏量, R 为降水量,当日降水量大于 50mm 时只算 50mm,多余的降水量视为被排除。

3.4.2 实际灌溉量的确定

某时段的灌溉量可以计算出来,但还必须考虑未来 3~4 天的降水趋势和土壤性质来决定实际灌溉的量^[3]。现设计了灌溉量决策分级表(表4),基本能综合考虑上述三者的作用,然后采取相应的灌溉量。

表4 灌溉量决策分级表

计算灌溉量 (mm)	高砂土降水量级				砂壤土降水量级				壤土降水量级			
	无	小	中	大	无	小	中	大	无	小	中	大
10~20	I	I	II	IV	I	I	II	IV	I	II	II	IV
20~40	I	I	II	IV	I	I	II	IV	I	II	III	IV
≥40	I	I	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV

表4根据计算灌溉量,预测未来降水量级和土壤性质,将灌溉量明确分为4级,分别采取4种相应的决策。

- I: 灌溉量为计算灌溉量;
- II: 灌溉量为计算灌溉量的 80%;
- III: 灌溉量为计算灌溉量的 50%;
- IV: 暂不灌溉。

当计算灌溉量小于 10mm 时,无论是什么土壤性质,无论是未来有没有雨,均不予灌

溉。

运用表4对如皋市2001年水稻生长期的灌溉量进行试报,预报结论和实况基本吻合。

3.5 灌溉的方法

在实际操作中要考虑到劳力和电灌站工作的安排,一般是每4天开机灌溉一次,灌溉量为前4天各种要素输入模式后计算的耗水量加上这4天的渗漏量的和与降水量的差值。因此,水稻田就形成了以浅水和湿润相结合,以浅水为主的一种灌溉技术,同时根据水稻生长特性在分蘖末期,当苗数达到有效穗数的80%左右时,为抑制无效分蘖,实行落干晒田,晒到人可以从稻田走而不陷脚为止。

4 小结

①2001年运用试验结果动态模式确定的水稻灌溉量灌溉试验田与以常规灌水方法为对照田比较,平均节水 $5476.5\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$,节电 $87\text{kWh} \cdot \text{hm}^{-2}$,平均每公顷增产906kg,按照水稻1.40元/公斤计算平均每公顷增加

收入1268.4元。

②该节水灌溉技术的特点是根据水稻各生育期耗水规律,结合防治病虫害,适时采取浅、湿、干灵活调节,合理利用自然降水。突破水稻长期淹水的栽培模式,使稻田水分多样化,促控结合,既满足水稻需水要求,又改善了农田小气候,增加了土壤的空气流动,促进根系发育。故试验田水稻茎秆粗壮,成熟时秸青籽黄,籽粒黄亮饱满,未发现纹枯病及倒伏现象。

③因水稻耗水量是多种因素作用的结果,本文考虑了主要因素,但还有一些起次要作用的不确定因素,如:风的大小对蒸发量的多少有一定的影响。

参考文献

- 1 杨永岐. 农业气象中的统计方法. 北京:气象出版社, 1983:80.
- 2 北京农业大学农业气象专业. 农业气象学. 北京:科学出版社, 1982:180.
- 3 王馥棠等. 农业气象预报概论. 北京:农业出版社, 1991: 193.

Experimental Study on Law of Water Consumption and Technique of Water-saving Irrigation for Rice

Qian Guoping Cao Naihe Lu Baoyue Zhou Changyun

(Rugao Meteorological Office, Jiangsu Province, 226500)

Zhou Xinmin Xiao Haitao

(Rugao Hydrological Research Station, Jiangsu Province)

Abstract

Based on the 18-year experimental data of water consumption of rice, the relation was analyzed between water consumption and main meteorological factors, such as light, temperature and water. Regarding to the weather type in the near future as well as the characteristics of rice soil, the sum of water irrigation can be determined. Not only can it meet the physiological needs of water, but also decrease the sum of requirement of water. Also, water can be saved, the cost of agriculture reduced and a high yield approached.

Key Words: rice water consumption amount irrigation requirement amount