

水稻分蘖期生理耗水量研究

沈维¹, 姚帮松^{1,2*}, 程峰¹, 阮三桂¹, 高堃², 孙紫童², 徐丽华², 石蓉霞²

(1. 湖南农业大学工学院, 湖南长沙 410128; 2. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙 410128)

摘要 [目的]研究水稻分蘖期生理耗水量,以期更加高效地节约灌溉水资源。[方法]采用室内盆栽方法,对水稻进行控水灌溉,根据每天每试验盆重量变化分析水稻生理耗水量。[结果]水稻分蘖前期耗水量不断增加,到分蘖后期逐渐降低,水稻分蘖前期平均每株每天耗水 193.75 g,水稻分蘖后期平均每株每天耗水 260.92 g。每盆栽 2 株水稻耗水量高于每盆栽 1 株水稻耗水量 33.4%。[结论]在水稻分蘖末期应控制灌溉水量;水稻种植越密,分蘖期生理耗水量小,其分蘖数相应减少。

关键词 水稻;分蘖期;耗水量

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)22-013-02

Physiological Water Consumption of Rice in Tillering Stage

SHEN Wei¹, YAO Bang-song^{1,2*}, CHENG Feng¹ et al (1. College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 2. College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

Abstract [Objective] To research the physiological water consumption of rice in tillering stage, and to save irrigation water resources more effectively. [Method] Indoor potted method was used for water control irrigation of rice. According to the weight changes of each test pot in each day, physiological water consumption of rice was analyzed. [Result] Water consumption in early tillering stage of rice increased gradually, and then reduced in late tillering stage. The average daily water consumption per day of rice was 193.75 g in early tillering stage, and that was 260.92 g in late tillering stage. The water consumption per plant of two plants per pot was 33.4% higher than that of one plant per pot. [Conclusion] Water irrigation should be controlled in late tillering stage of rice. Dense planting rice leads to small water physiological water consumption in tillering stage; and the tiller number reduced correspondingly.

Key words Rice; Tillering stage; Water consumption

水稻是一种耗水量很大的作物,其生长发育过程中根系长期浸泡在水中,吸收水分和养分,供给根、茎、叶的生长发育。稻田中的水很大一部分会蒸发和渗漏损失,能被禾苗利用的水约占稻田中水总量的 $1/5^{[1-3]}$ 。研究发现,土壤需水量为田间持水量的 70%~80% 时更有利于水稻生长,有学者提出了滴灌和喷灌等节水灌溉技术。喷灌和滴灌相对传统的漫灌可以节约灌溉用水^[4-10]。水稻的生长过程可分为苗期、分蘖期、拔节孕穗期、抽穗期、成熟期。根据已有报道,水稻生长过程中分蘖期是节水灌溉的一个关键时期,但该阶段水稻需水量鲜有报道。笔者对水稻分蘖期的耗水量进行了探索,研究水稻发育阶段中的耗水量规律,配合节水灌溉措施可以更加高效地节约灌溉水资源。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料 试验于 2015 年 5 月在湖南农业大学土肥资源高效利用国家工程实验室中心实验站进行,试验土壤为第 4 纪红土发育的红黄泥。供试品种为隆平种业培育的杂交水稻品种。

1.2 试验设计与方法 采用盆栽试验方法,试验盆底面直径 20 cm,上表面直径 30 cm,盆深 30 cm。试验分 3 个处理组,处理组 A 每盆栽种 1 株水稻,处理组 B 每盆栽种 2 株水稻,CK 组为空白对照,不栽种水稻。将土壤取回后自然晒干,然后过 5 mm 筛网,每盆加土壤 10 kg。移栽水稻前先用 水浸泡 24 h,使土壤达到饱和含水状态。2015 年 6 月 10 日

开始浸种催芽,6 月 12 日开始播种,将在育秧盆中生长 10 d 的水稻幼苗移栽到试验盆中,水稻施肥及农业管理措施参照当地大田种植方式。每个处理组种植 3 盆,选择长势均匀的禾苗移栽,分别编号 A₁、A₂、A₃、B₁、B₂、B₃、CK₁、CK₂、CK₃。各处理组中土壤肥效相同,生长分蘖期 8 月 8 日,从水稻进入分蘖生长阶段开始每天 7:00 和 19:00 记录 1 次每盆的重量。当土壤中水分缺少时,往试验盆中加水,并记录加水量。

1.3 测定方法 试验称重:用精度为 1 g 的电子天平称取盆栽水稻重量,用精度为 0.01 g 的电子天平称取植株的干重与鲜重。气象状况:用精度为 0.1 ℃ 电子温度计与湿度仪记录。

2 结果与分析

2.1 水稻分蘖期耗水量计算 采用盆栽种植阻隔了水分的渗漏损失,试验盆中水分减少主要是由蒸发、蒸腾及水稻内各种物质的合成需水 3 个因素构成。于 7 月 8 日下午测出各处理组的盆、土壤和水的总重量,结果为:CK₁ = 12.240 kg、CK₂ = 11.082 kg、CK₃ = 12.074 kg、A₁ = 11.434 kg、A₂ = 14.206 kg、A₃ = 13.367 kg、B₁ = 12.491 kg、B₂ = 13.201 kg、B₃ = 13.419 kg。将处理 A 组与 B 组加水调成重量 15.491 kg,CK 组加水调成 14.011 kg。7 月 8 日加水后每天测出各组的重量变化情况,并记录当天的最高温度、最低温度及空气相对湿度情况。7 月 15 日栽种水稻的试验盆中水分消耗至土壤表层无可见水,而对照组仍有 2 cm 深持水层。对栽种水稻的盆中重新加水,记录各盆重量,A₁ = 14.378 kg、A₂ = 13.684 kg、A₃ = 14.125 kg、B₁ = 15.550 kg、B₂ = 14.709 kg、B₃ = 14.924 kg。再用同样方法测出各组重量变化情况,直至水稻分蘖结束。

水稻日耗水量计算:试验设置空白对照,用于测定水分蒸发量,用试验处理组每天水分减少量减去空白对照的水分

基金项目 国家自然科学基金项目(31272248);国际科技合作项目(2013DFG91190)。

作者简介 沈维(1991-),男,湖南湘潭人,硕士研究生,研究方向:节水灌溉新技术。*通讯作者,教授,博士,从事农业水资源综合利用研究。

收稿日期 2016-05-09

蒸发量,即为水稻日耗水量。采用盆栽室内试验,盆中水分蒸发量小,可将栽种水稻盆的蒸发量近似于对照处理试验盆中的水分蒸发量,根据水量平衡原理推算出水稻耗水量。

$$Cw = Dj - Di \quad (\text{I})$$

式中, Cw 为每盆水分减少量, D 为盆重量, j 和 i 是测定日期变化值, j 比 i 少 1 d。该试验 Dj 和 Di 分别选取每天 19:00 的称量值。

$$H(A) = Cw(A) - Cw(CK) \quad (\text{II})$$

$$H(B) = Cw(B) - Cw(CK) \quad (\text{III})$$

式中, $H(A)$ 为 A 处理组每天耗水量, $H(B)$ 为 B 处理组每天耗水量, $Cw(A)$ 为 A 处理组每天水分蒸发量, $Cw(B)$ 为 B 处理组每天水分蒸发量, $Cw(CK)$ 为 CK 处理组每天水分蒸发量。

水稻生长需要消耗水分,同时还要进行光合作用合成有机物,但水稻光合作用的生物合成量非常少,因而计算水稻耗水量时不考虑水稻每天光合作用的生物合成量,取每个处理组的 3 次重复平均值计算耗水量(图 1)。水稻分蘖期持续 20 d 左右,试验中将 7 月 17 日前的分蘖称为分蘖前期,7 月 17 日之后的分蘖称为分蘖后期。

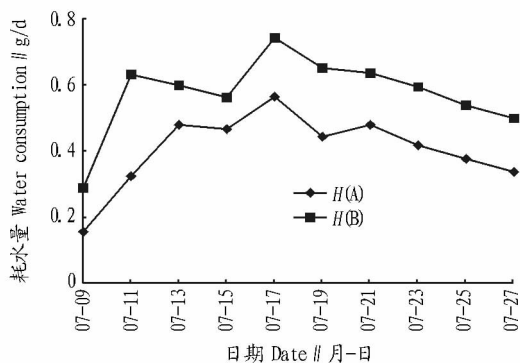


图 1 水稻分蘖期日耗水量变化趋势

Fig. 1 Variation trend of daily water consumption in rice tillering stage

从水稻每天耗水量的折线图可以发现,分蘖前期耗水量不断增加,分蘖后期耗水量逐渐下降。这是由于水稻分蘖期随着分蘖数的不断增加,需水量也不断增加,到分蘖末期水稻耗水量下降,这时水稻的各部分器官已发育完成且株高也已成型,因此水稻分蘖末期应控制灌水量并适当排水,从而抑制水稻的无效分蘖。处理组 A 是每盆移栽 1 株水稻,处理组 B 是每盆移栽 2 株水稻,水稻生长分蘖期处理组 A 平均每天耗水 186.65 g,处理组 B 平均每天耗水 281.45 g。对整个分蘖期进行统计分析发现,在分蘖前期平均每株水稻耗水 193.75 g,分蘖后期每天耗水 260.92 g。每个盆的土壤表面积为 0.07 m²,每盆栽 2 株水稻要比栽 1 株水稻耗水量低。水稻耗水与根上部分的生物量相关,试验发现,每盆栽 2 株水稻的生物量要小于栽 1 株水稻的生物量。该生物量差异主要表现为分蘖数不同,每盆栽 1 株水稻与栽 2 株水稻对比,前者单株分蘖数平均值高于后者 43.1%。分蘖末期将水稻拔出后切除根部,将根上部分烘干后称重,处理组 B 单株

干重低于处理组 A 23.4%。图 1 中处理组 A 和处理组 B 分蘖期耗水量变化趋势相同,因环境中的温度变化使水稻耗水量日变化趋势有一定的波动,但水稻分蘖期耗水量变化总趋势是先升高后下降。

2.2 水稻分蘖期耗水量相关因素分析 用精确度 0.1 ℃ 电子温度计记录每天的温度变化情况,采用自动计温方法每隔 1 h 记录 1 次温度,再统计出每天平均温度。用湿度仪记录水稻生长分蘖期每天的湿度范围为 78% ~ 80%,湿度不对水分蒸发量产生影响。由图 2 可知,试验盆中水分蒸发量与温度相关,温度越高,水分蒸发量也越高,该试验记录水稻分蘖期天气温度变化较小,每天水分蒸发量比较均匀。

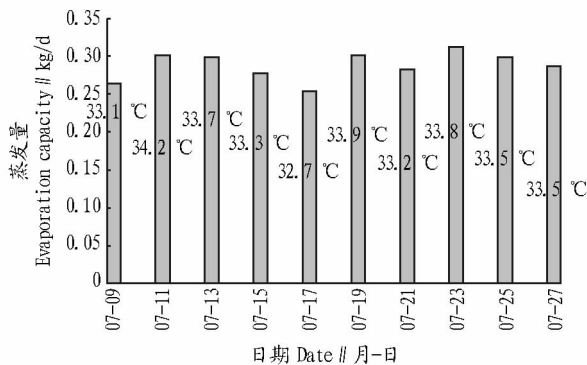


图 2 日平均温度对盆中水分蒸发量的影响

Fig. 2 Effects of daily mean temperature on water evaporation in a basin

试验过程中,水稻生长分蘖期的天气温度与湿度变化较小,对水稻日耗水量的变化影响不大。由图 3 可知, $H(B)$ 平均耗水量要比 $H(A)$ 耗水量高 33.4%, $H(B)$ 的根上部分生物量要比 $H(A)$ 多 37.6%,表明水稻耗水量与根上部分的生物量是相关的。

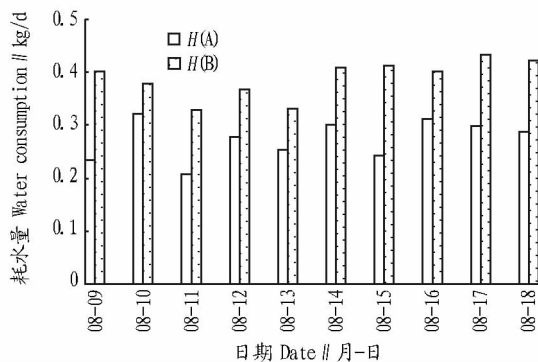


图 3 各处理组水稻的耗水量比较

Fig. 3 Comparison of rice water consumptions in different treatments

3 结论与讨论

该研究结果表明:①水稻分蘖期随着分蘖数的不断增加,水稻耗水量也相应增加。水稻分蘖末期耗水量减少,该阶段水分过多会影响水稻的生长,在水稻分蘖末期应控制灌水量。水稻生理耗水量会随空气温度与湿度有一定的波动变化,根据连续的试验观察,水稻分蘖期空气中的湿度变

(下转第 39 页)

同的情况下,未覆膜的叶片含水率平均值稍高于覆膜的叶片含水率,这是因为烤烟旺长期雨量充分,未覆膜的土壤含水率稍大于覆膜的土壤含水率,这也说明烤烟的旺长期处于水分适宜时期^[4-6]。

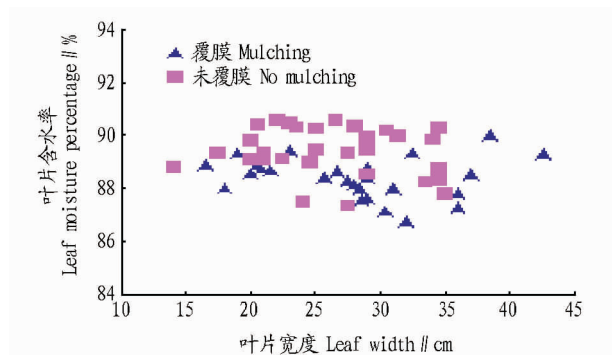


图7 叶片含水率随叶片宽度变化

Fig.7 Changes of leaf moisture percentage with leaf width

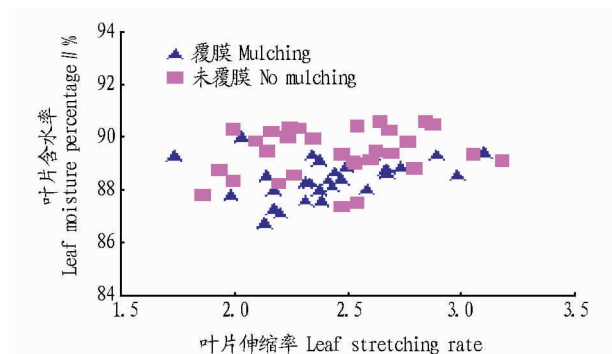


图8 叶片含水率随叶片伸缩率变化

Fig.8 Changes of leaf moisture percentage with leaf stretching rate

3 结论与讨论

该研究结果表明:覆膜及未覆膜的烤烟鲜叶叶片重量和叶片含水量均随叶片长度、叶片宽度的增加呈近似直线的增

(上接第14页)

化较小,而温度变化与水稻土壤持水层蒸发量相关。②水稻生理耗水量与根上部分的生物量相关,对比试验盆中栽种1株水稻和2株水稻,发现2株水稻耗水量高于1株水稻耗水量33.4%,而2株水稻根上部分生物量高于1株水稻根上部分生物量37.6%。③环境介质相同条件下水稻耗水量受水稻每穴所占面积数影响,水稻种植越密,分蘖期生理耗水量小,其分蘖数相应减少。

分蘖期是水稻生长发育的关键时期,根据水稻这一时期的耗水量规律对其进行控水灌溉能更好促进分蘖,提高作物产量。

参考文献

[1] 江云,马友华,陈伟,等. 作物水分利用率的影响因素及其提高途径探讨[J]. 中国农学通报,2007,23(9):269-273.

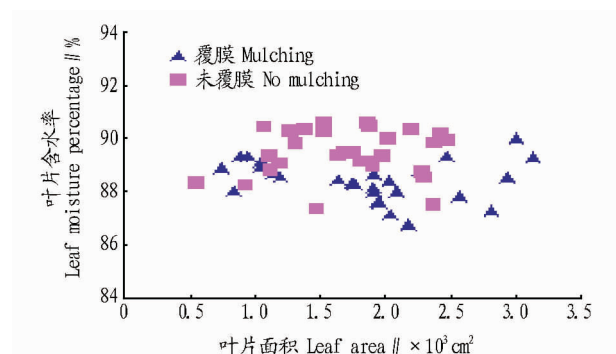


图9 叶片含水率随叶片面积变化

Fig.9 Changes of leaf moisture percentage with leaf area

加,且叶片宽度对其影响比叶片长度对其影响显著,因此可以选择叶片宽度作为诊断叶片重量和叶片含水量大小的主要因素;鲜烟叶叶片含水率与叶片宽度、叶片伸缩率和叶片面积这些形状因素相关性很小,线性相关系数几乎为0,说明烟叶含水率几乎不受叶片宽度、叶片伸缩率和叶片面积的影响,该结论与甘露萍等^[2]的研究结论不一致,这可能与供试品种及研究地域的不同有关;未覆膜的叶片含水率稍大于覆膜的叶片含水率,所以在旺长期雨量充足的情况下,覆膜对保水作用不大。

参考文献

[1] 徐腾飞,韩文磊,孙瑜. 基于图像处理的玉米叶片含水率诊断方法研究[J]. 干旱地区农业研究,2013(1):95-100.
[2] 甘露萍,谢守勇. 基于计算机视觉的烤烟鲜叶含水量无损检测及MATLAB实现[J]. 西南大学学报,2009(7):165-170.
[3] 黔西南州烟草土壤区划[EB/OL]. [2016-05-07]. <http://www.doc88.com/p-732455683377.html>.
[4] 崔保伟,陆引罡,张振中,等. 不同生育期水分胁迫对烤烟生理特性及化学品质的影响[J]. 中国烟草科学,2009,30(3):19-23.
[5] 李进平,陈振国,杨艳华,等. 水分条件对烤烟生理指标的影响及适宜土壤水分指标研究[J]. 灌溉排水学报,2007,26(1):93-96.
[6] 阿吉艾克拜尔,邵孝侯,钟华,等. 调亏灌溉及其对烟草生长发育的影响研究[J]. 河海大学学报,2006,34(2):171-174.

[2] 俞建河,丁必然. 水稻非充分灌溉条件下的耗水量与产量关系的研究[J]. 节水灌溉,2010(7):41-44.
[3] 王卫光,孙凤朝,彭世彰,等. 水稻灌溉需水量对气候变化响应的模拟[J]. 农业工程学报,2013,29(14):90-98.
[4] 郭相平,蒋新会,袁静. 蓄水控灌模式下水稻耗水量及灌排定额初探[J]. 灌溉排水学报,2009,28(1):65-67.
[5] 周广生,徐才国,靳德明,等. 分蘖期节水处理对水稻生物学特性的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(9):1767-1773.
[6] 邢文刚,孙露,俞双恩,等. 地下水位对水稻抽穗开花期生理指标的影响[J]. 人民黄河,2011,31(1):85-87.
[7] ZHOU M,ZHOU S S,WANG J X. Research advance on influencing factors of crop water use efficiency [J]. Agricultural science&technology,2014,15(11):1967-1976.
[8] 赵娜娜,刘钰,蔡甲冰. 夏玉米作物系数计算与耗水量研究[J]. 水利学报,2010,41(8):953-969.
[9] 冯诚,张友贤,方小宇,等. 滴灌条件下番茄需水规律研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(6):49-50,52.
[10] 徐凯,陆垂裕,季海萍,等. 作物蒸发腾发量计算研究综述[J]. 人民黄河,2013,235(4):61-65.