

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2020.01-02

直播稻不同生育阶段受旱对耗水特性和产量的影响

刘博懿¹, 才 硕¹, 靳伟荣¹, 谢亨旺¹, 孔祥仟², 王 通³

(1. 江西省灌溉试验中心站, 江西 南昌 330201; 2. 惠州市华禹水利水电工程勘测设计有限公司, 广东 惠州 516000;
3. 深圳市广汇源环境水务有限公司, 广东 深圳 518000)

摘 要: 在防雨棚下利用盆栽模拟机械穴直播中稻, 设置 5 种不同受旱模式, 对机械穴直播条件下不同生育阶段受旱对水稻耗水特性和产量形成影响进行了研究. 结果表明, 水稻的耗水量与受旱模式具有明显的相关性, 其中拔节孕穗期的受旱处理对水稻全生育期耗水量总量影响最大. 不同生育期受旱处理对水稻分蘖数的影响不尽相同, 在分蘖期受旱时则会造成分蘖数降低, 但在下一个生育期恢复正常灌溉后能得到一定程度的缓解, 而在拔节孕穗期后受旱则影响不大. 水稻在单独一个生育期经受轻度干旱一般减产并不明显, 受干旱影响最大的生育期为拔节孕穗期和抽穗开花期.

关键词: 水稻直播; 生育期; 耗水量; 水分处理; 产量

中图分类号: S274.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4701(2020)01-0015-06

0 引 言

江西省水稻种植历史悠久, 分布广泛, 种植方式也大多采用育苗移栽, 但是随着我国经济社会的发展, 人口老龄化程度不断加重, 劳动力日益短缺及成本不断上涨等问题越来越突出, 已严重影响到水稻的生产发展. 由于水稻直播种植具有便于机械化操作及精量控制等诸多优势^[1], 目前越来越多地区的水稻种植倾向于采用机械穴直播方式. 关于水稻育苗移栽种植方式下受旱对生长及产量的影响已有相当充分的研究^[2], 但对于机械直播条件下水稻的需水规律及受旱对耗水和产量的影响, 目前研究的还很少. 水稻直播与移栽方式相比, 其水分管理具有明显的差异, 因此对于机械直播条件下水稻的耗水规律和受旱影响, 极有必要开展研究^[3]. 本研究即基于这样的需求, 开展直播稻不同生育阶段受旱对耗水特性和产量的影响研究, 以为机械直播水稻的发展提供技术支持.

1 材料与amp;方法

1.1 试验区概况

试验于 2018 年 6~9 月在江西省灌溉试验中心站试验研究基地水稻试验区进行. 试验区经度为 116°00', 纬度为 28°26', 平均海拔高度为 22.00m (黄海高程), 属典型的亚热带湿润季风性气候, 多年平均气温 18.1℃, 年平均降雨量 1 634.3mm. 试验用水稻品种为黄华占.

试验在防雨棚下, 采用盆栽方式进行, 盆的规格为长 0.9m, 宽 0.6m, 高 0.9m, 有底, 测盆内按原状分层回填试验区域原土, 并在整个生育期内都放置于地面之下, 保持测盆内土面与周边土地表面齐平. 试验区上面有活动遮雨棚, 可以避免雨水对试验的影响.

1.2 试验设计

试验采取单一生育期受旱的方法, 各处理受旱下限均为饱和含水率的 80%, 发芽出苗及苗期不进行受旱处理. 试验设置 5 个处理, 分别为: 处理(1), 分蘖期

收稿日期: 2019-09-08

项目来源: 江西省水利厅科技项目(KT201628, 201820YBKT24).

作者简介: 刘博懿(1993-), 男, 硕士, 助理工程师.

表1 不同处理各生育期水分状况控制表

| 处理编号 | 处理 | 发芽出苗及苗期 | 分蘖期 | 拔节孕穗期 | 抽穗开花期 | 灌浆结实期 |
|------|---------|---------|--------------------|----------|----------|--------------------|
| (1) | 分蘖期受旱 | 100%-10 | 80%-100% (后期晒田) | 100%-30 | 100%-30 | 100%-30 (后期落干) |
| (2) | 拔节孕穗期受旱 | 100%-10 | 100%-30 (后期晒田) | 80%-100% | 100%-30 | 100%-30 (后期落干) |
| (3) | 抽穗开花期受旱 | 100%-10 | 100%-30 (后期晒田) | 100%-30 | 80%-100% | 100%-30 (后期落干) |
| (4) | 灌浆结实期受旱 | 100%-10 | 100%-30 (后期晒田) | 100%-30 | 100%-30 | 80%-100% (后期落干) |
| (5) | 正常淹水灌溉 | 100%-10 | 100%-30 (后期晒田) | 100%-30 | 100%-30 | 100%-30 (后期落干) |

注:表中没有“%”数字单位为mm,“%”是指在无水层情况下土壤含水率占土壤饱和含水率的百分数;后期晒田是指在分蘖后期茎蘖数达到高峰苗的80%时开始让盆内处于无水层,持续时间为5~7天;后期落干是指在收割前10天时,断水自然落干。

受旱;处理(2),拔节孕穗期受旱;处理(3),抽穗开花期受旱;处理(4),灌浆结实期(乳熟期和黄熟期)受旱;处理(5),正常淹水灌溉,作为对照使用,不同处理各生育期水分状况控制见表1。每个处理都重复3次,共安排15个试验盆栽小区,在田间随机摆放,各处理的用种量、施肥、农药、植保等技术措施保持一致。

1.3 测定指标和方法

(1)灌溉量:每日早上8时定时进行一次水位观测,试验盆有水层时,在每个试验盆固定位置上,用电测针,按规定时间进行观测;在试验盆无水层时,用补水法确定,采用水表量水,将其换算成水深,与之前后水位差作为其耗水量;

(2)水稻生理生态指标的测定:在分蘖期开始后每隔7天定点观察水稻分蘖开始发生的时间、分蘖量、分蘖消长过程;

(3)水稻发育进度观察:观测水稻发芽出苗及苗期、分蘖期、拔节孕穗期、抽穗开花期、灌浆结实期(乳熟期和黄熟期)的具体开始和结束日期;

(4)产量测定:各试验盆栽小区单收、单打、单晒验产,统计产量;

(5)产量结构测定:在每个处理收割前取3株考种样,晾干后进行室内考种,统计有效穗数、总粒数、空粒数、千粒重等数据;

(6)气象数据:试验区域内有自动气象站,可自动收集日降雨量、日平均气温、日最高气温、日最低气温、日平均相对湿度、日平均风速、日平均大气压力、太阳

辐射强度等气象要素值。

2 试验结果分析

2.1 各生育阶段需水或耗水特性

本次试验于6月9日播种,9月18日收割,水稻全生育期共历时101d。表2为正常淹水灌溉处理各生育期的耗水特性,可以看出,水稻在正常淹水灌溉条件下,全生育期耗水量共计507.5mm,日平均耗水强度为5.2mm/d,其耗水量和日均耗水强度最大的生育期均为拔节孕穗期,分别为145.9mm、6.3mm/d;耗水量和日均耗水强度最小的生育期均为发芽出苗及苗期,分别为41.1mm、3.4mm/d。

水稻的耗水量及日均耗水强度呈现出的变化规律基本一致,即水稻在发芽出苗及苗期时,植株矮小,荫蔽程度低,此时处于营养生长阶段,耗水量和日均耗水量都较小,主要耗水为株间蒸发;随着水稻植株体及叶面积的不断扩大,植株间的空隙完全被遮蔽,水稻进入生殖生长旺盛阶段,此时水稻耗水量和日均耗水强度都在增大,在拔节孕穗期时达到最大,主要耗水为植株腾发和棵间蒸发;在水稻抽穗之后,随着水稻叶片萎缩,叶片发黄,其植株腾发能力变弱,进而耗水量和日均耗水强度随着降低,在黄熟期时降到最小。正常淹水灌溉时,耗水量最大的生育期为分蘖期,为169.2mm,日均耗水强度最大的生育期则是拔节孕穗期,为6.3mm。

表 2 正常淹水灌溉处理各生育期耗水特性

| 生育期 | 天数/天 | 起止日期/月·日 | 耗水量/mm | 模比系数/% | 耗水强度(mm/d) |
|---------|------|-----------|--------|--------|------------|
| 发芽出苗及苗期 | 15 | 6.9~6.23 | 41.1 | 8.10 | 3.4 |
| 分蘖期 | 31 | 6.24~7.24 | 169.2 | 33.34 | 5.5 |
| 拔节孕穗期 | 23 | 7.25~8.16 | 145.9 | 28.75 | 6.3 |
| 抽穗开花期 | 11 | 8.17~8.27 | 62.7 | 12.35 | 5.7 |
| 乳熟期 | 9 | 8.28~9.5 | 43.1 | 8.49 | 4.8 |
| 黄熟期 | 12 | 9.6~9.17 | 45.5 | 8.97 | 3.8 |
| 合计 | 101 | 6.12~9.17 | 507.5 | 100 | 5.2 |

表 3 不同时期受旱处理各生育期耗水量统计

| 处理方式 | 苗期 | 分蘖期 | 拔节孕穗期 | 抽穗开花期 | 灌浆结实期 | 全生育期 | 下降量 |
|------|------|---------|---------|-------|-------|---------|------|
| (1) | 41.9 | 148.9b | 137.8ab | 61.1a | 88.6a | 478.3ab | 29.2 |
| (2) | 39.8 | 161.6ab | 122.1b | 58.5a | 87.6a | 469.6b | 37.9 |
| (3) | 40.5 | 164.5ab | 142.1ab | 50.1a | 84.2a | 481.4ab | 26.1 |
| (4) | 40.8 | 171.5a | 147.8a | 60.2a | 78.6b | 498.9ab | 8.6 |
| (5) | 41.1 | 169.2ab | 145.9a | 62.7a | 88.6a | 507.5a | - |

mm

注:表中不同小写字母表示在同一列内 $P < 0.05$ 水平的统计学显著性。

2.2 不同时期受旱对水稻耗水特性的影响

将各不同时期受旱处理的每日耗水量按生育期进行统计累加,得到不同时期受旱处理各生育期耗水量,结果列于表 3 中。从表 3 可以看到,5 种受旱处理中,分蘖期耗水量最大值出现在处理(4),最小值在处理(1),两者具有显著差异,而处理(2)、处理(3)、处理(4)与处理(5)的水分管理方式一样,所以几个处理间差异并不显著;在拔节孕穗期,处理(2)处于受旱时期,所以耗水量显著小于处理(4)、处理(5),而其他处理水分管理一样,差异性不显著;在抽穗开花期,处理(3)处于受旱时期,耗水量最小,但由于整个生育期耗水量较小,所以与其他处理之间差异不显著;在灌浆结实期,处理(4)处于受旱时期,与其他 4 种处理差异显著;全生育期耗水量最大值出现在处理(5),最小值在处理(2),两者具有显著差异,其他 3 种处理之间差异不显著。

表 4 为不同时期受旱处理与正常淹水灌溉处理全

生育期耗水量的比较,从表中可以看出,水稻在任意一生育期受旱后,均会导致水稻全生育期耗水量下降;从各时期的影响看,不同时期受旱对水稻耗水量的影响,主要体现在受旱生育期上及在随后一个生育期上,而相隔一个生育期后,以及该处理之前的生育期的耗水量受到的影响则不大。从全生育期看,处理(2)耗水量下降最明显,较正常淹水灌溉处理(CK)降低 7.5%;处理(1)次之,为 5.1%;处理(4)下降幅度最小,仅为 1.7%。

2.3 不同时期受旱对水稻分蘖的影响

图 3 为不同时期受旱处理分蘖数量动态对比情况,可以看出,水稻在单一生育期受旱时,并没有改变其分蘖动态的基本规律,即茎蘖动态随生育进程的发展呈现出在分蘖期时迅速增加,在拔节孕穗期达到最大,随后保持一段时间,在抽穗期之后下降,全生育期分蘖动态呈抛物线趋势。

表4 不同时期受旱处理各生育期较正常淹水灌溉耗水量下降比

| 处理方式 | 苗期 | 分蘖期 | 拔节孕穗期 | 抽穗开花期 | 灌浆结实期 | 全生育期 | % |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|---|
| (1) | -1.9 | 12.0 | 5.6 | 2.6 | 0.0 | 5.8 | |
| (2) | 3.2 | 4.5 | 16.3 | 6.7 | 1.1 | 7.5 | |
| (3) | 1.5 | 2.8 | 2.6 | 20.1 | 5.0 | 5.1 | |
| (4) | 0.7 | -1.4 | -1.3 | 4.0 | 11.3 | 1.7 | |
| (5) | - | - | - | - | - | - | |

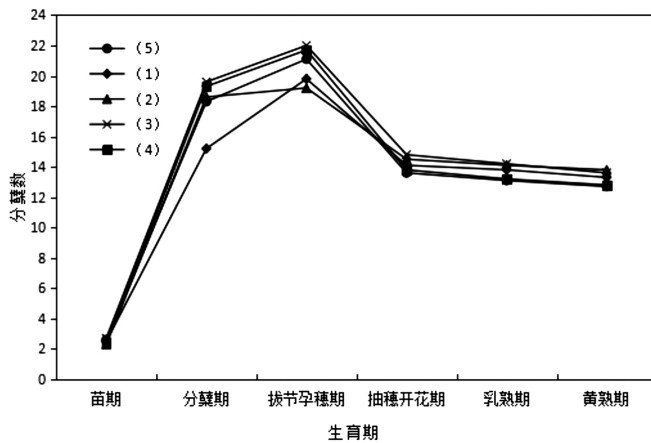


图3 不同时期受旱处理分蘖动态对比图

表5为不同时期受旱处理水稻分蘖动态统计。从表中可知,在分蘖期,处理(1)的分蘖数要显著小于其他4种处理,而在孕穗期,处理(2)的分蘖数则是最小,与处理(3)具有显著差异;在水稻进入抽穗期、乳熟期以及黄熟期后,不同时期受旱处理水稻的分蘖数则没

有显著差异,这说明水稻在分蘖期、孕穗期受旱时会导致茎蘖数较正常淹水灌溉低,在抽穗期以及之后的生育期受旱则对水稻分蘖数影响不大。水稻在分蘖及孕穗期受旱后,及时恢复正常灌溉并不会造成水稻最终的有效分蘖数明显的降低。

2.4 不同时期受旱对水稻产量的影响

不同的水分管理对水稻的生长发育、生理活动等都会产生影响,而水稻产量则是这种影响的最终体现^[4]。表6为不同时期受旱处理下的水稻产量结果,从表中可以看出,与正常淹水灌溉处理(CK)相比,处理(2)与处理(3)减产率最大,分别为7.9%和6.3%,达到显著水平;处理(1)与处理(4)产量较CK处理的产量也降低了一些,但是尚未达到显著水平,这说明水稻在拔节孕穗期及抽穗开花期受旱时会使水稻存在较大减产的风险,而在分蘖期及灌浆结实期受旱对水稻产量的影响则较小。水稻在不同时期受旱会造成有效穗、单穗总粒数、千粒重和结实率等产量构成因素具有一定程度上的差异,但均未达到显著水平。

表5 不同时期受旱处理水稻分蘖动态统计表

| 处理方式 | 苗期 | 分蘖期 | 孕穗期 | 抽穗期 | 乳熟期 | 黄熟期 |
|------|------|-------|---------|-------|-------|-------|
| (1) | 2.5a | 15.2b | 19.8bc | 14.1a | 13.8a | 13.3a |
| (2) | 2.3a | 18.6a | 19.2c | 14.5a | 14.1a | 13.8a |
| (3) | 2.7a | 19.6a | 22a | 14.8a | 14.2a | 13.6a |
| (4) | 2.4a | 19.3a | 21.7ab | 13.8a | 13.2a | 12.8a |
| (5) | 2.6a | 18.3a | 21.1abc | 13.6a | 13.1a | 12.7a |

注:表中不同小写字母表示在同一列内 $P < 0.05$ 水平的统计学显著性。

表 6 不同时期受旱处理下水稻产量结果

| 处理方式 | 单株平均有效穗数 | 单穗总粒数 | 千粒重/g | 结实率 | 产量/(kg/盆) | 减产率/% |
|------|----------|--------|-------|--------|-----------|-------|
| (1) | 13.2a | 173.9a | 20.8a | 90.3%a | 0.67a | 1.5 |
| (2) | 12.8a | 170.8a | 20.3a | 89.1%a | 0.63c | 7.9 |
| (3) | 13.0a | 164.0a | 21.5a | 87.7%a | 0.64bc | 6.3 |
| (4) | 13.8a | 166.4a | 20.9a | 90.2%a | 0.66ab | 3.0 |
| (5) | 13.2a | 172.0a | 20.0a | 91.1%a | 0.68a | - |

注:表中不同小写字母表示在同一列内 $P < 0.05$ 水平的统计学显著性。

3 结 语

本文利用盆栽模拟机械穴直播中稻,进行了机械穴直播条件下不同生育阶段受旱对水稻耗水特性和产量形成影响的研究,得出以下主要结论:

(1) 不同处理下,水稻的耗水量和日均耗水强度在整个生育期上的变化规律基本一致,即在生长初期较小,随着水稻生长发育到达峰值,在水稻成熟收割时又下降到最低点。水稻耗水量最多的生育期是分蘖期,为169.2mm,日均耗水强度最大值出现在拔节孕穗期,为6.3mm/d。

(2) 不同时期受旱处理均会使水稻耗水量较正常淹水灌溉低,在拔节孕穗期受旱时影响最为明显,生育期总耗水量下降幅度达到7.5%;在灌浆结实期受旱时影响最小,总耗水量仅降低1.7%。

(3) 受旱处理对水稻分蘖数的影响主要表现在分蘖期和孕穗期,这两个生育时期受旱会造成所在生育期分蘖数较正常淹水灌溉低,其他生育时期受旱,其分蘖数所受的影响均较小。

(4) 不同时期受旱对水稻产量的影响不尽相同,在控制受旱程度为饱和含水率80%的情况下,拔节孕穗期和抽穗开花期受旱,存在明显的减产风险,而在分蘖期和灌浆结实期受旱对产量的影响比较低。这一结果提示,在机械穴直播水稻种植模式下,应尽量保证拔节孕穗期和抽穗开花期的水分供给,以免造成严重减产;但在水资源短缺时,可以适当在分蘖期及灌浆结实期使水稻经受一定程度的干旱,但总体上田间含水量不应低于田间饱和含水率的80%。

参考文献:

- [1] 邢志鹏. 机械化种植方式对水稻综合生产力及稻麦周年生产的影响[D]. 扬州大学, 2017.
- [2] 刘方平, 梁举, 熊晓光. 江西水稻需水规律和灌溉用水变化规律分析[J]. 江西农业学报, 2011, 23(6):16~18, 22.
- [3] 孙永健, 郑洪帆, 徐徽, 等. 机械旱直播方式促进水稻生长发育提高产量[J]. 农业工程学报, 2014, 30(20):10~18.
- [4] 季飞, 付强, 王克全, 等. 不同水分条件对水稻需水量及产量影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(5):82~85.

编辑: 张绍付

Effects of drought on water requirement and yield of direct-seeding rice at different growth stages

LIU Boyi¹, CAI Shuo¹, JIN Weirong¹, XIE Hengwang¹, KONG Xiangqian², WANG Tong³

(1. Jiangxi Provincial Irrigation Experimental Central Station, Nanchang 330201, China;

2. Huizhou Huayu Hydropower Engineering Reconnaissance Design Co.,Ltd. of Guangdong Province, Huizhou, 516000, China;

3. Shenzhen Guanghuiyuan Environment Water Co.,Ltd. of Guangdong Province, Shenzhen 518000, China)

Abstract: Five different drought models were set up to study the effect of drought on water consumption and yield formation of rice in different growth stages. The results showed that there was a significant correlation between the water consumption of rice and the drought model, and the drought treatment at the jointing and booting stage had the greatest impact on the total water consumption of rice in the whole growth period. The effect of drought treatment in different growth periods on tiller number of rice is different. In the tiller period, the number of tillers will decrease, and it will be alleviated after normal irrigation in the next growth period, but not after jointing and booting period. In a single growth period, the yield reduction of rice is not obvious under light drought, and the growth period that is most affected by drought is jointing booting period and heading flowering period.

Key words: Rice direct seeding; Growth period; Water consumption; Water treatment; Yield

翻译: 刘博懿