

# 我国南方晚稻孕穗期旱灾指标试验研究

孔萍<sup>1</sup> 殷剑敏<sup>1</sup> 肖金香<sup>2\*</sup> 李迎春<sup>3</sup>

(1 江西省气候中心,南昌 330046; 2 江西农业大学园林与艺术学院,南昌 330045;

3 江西省气象科学研究所,南昌 330046)

**摘要** 根据我国南方晚稻孕穗普遍期后对干旱最敏感这一特点,分别在江西南昌、湖北荆州、湖南长沙 3 个试验站设计了孕穗普遍期后 7 d、10 d、13 d、16 d 和直至植株死亡 5 种干旱天数。试验结果表明:干旱天数与穗粒数、穗结实粒数呈负相关,相关系数分别为 -0.956 和 -0.959。随着干旱天数增加,土壤湿度逐渐减少,减产率上升。当干旱 18 d 时,土壤湿度临界值为 5.57%,植株死亡。用线性和非线性回归拟合干旱天数、土壤湿度、减产率三者之间的方程,分别以土壤湿度、减产率作为评价因子得出干旱灾害评价标准。经鉴定,自大田土壤上层无水开始干旱 6~7 d,晚稻受到轻度灾害;干旱 8~11 d,晚稻受中度灾害;干旱 12 d 以上受重度灾害。

**关键词** 晚稻 孕穗期 干旱指数 土壤湿度

## 引言

我国地处东亚季风区,因此,干旱灾害具有发生频率高、持续时间长、影响范围广、后延影响大等特点<sup>[1]</sup>,对农业生产危害非常大。全球气候变暖背景下,干旱是影响世界农业生产的主要自然灾害之一,也是影响我国粮食安全的主要气象灾害。近 30 年因干旱引起粮食损失占全国粮食损失总量的 50%,干旱缺水成为制约我国农业经济发展的重要因素<sup>[2]</sup>。在我国南方,农业用水的 70% 用于种植水稻,水稻干旱,是仅次于病虫害的第 2 位产量限制因子<sup>[3]</sup>,因干旱而造成水稻歉收是粮食安全中的一个突出问题<sup>[4~7]</sup>。水稻不同生育期需水量不同,受干旱影响程度也不同,在孕穗期的需水量约占全生育期的 50%,对干旱最敏感的时期也在孕穗普遍期以后,且该生育期正逢南方雨水稀少期,旱灾引起的水稻减产率最高<sup>[8~11]</sup>。

本研究基于大田干旱试验数据,以减产率与土壤湿度为评价因子,拟建立晚稻干旱灾害评价标准,对各种试验数据进行统计分析处理,确定不同灾害水平的干旱天数指标。旨在为农业气象部门判断干旱灾害水平、制定防灾减灾措施提供依据,为粮食

部门对粮食产量的预测提供参考,增强农业生产防灾减灾能力,扩大农业气象科学成果应用范围。

## 1 试验设计与研究方法

### 1.1 试验概况

大田试验点设在湖北省长江大学、湖南长沙农业气象试验站和南昌农业气象试验站,由于南昌的试验未成功,本文仅选用湖北和湖南两地的试验资料。两地选用当地杂交中熟晚稻优势品种。其中湖北省试验品种是晚稻荆楚优 148,播种期 2007 年 6 月 26 日,孕穗普遍期 2007 年 9 月 4 日,成熟期 2007 年 10 月 13 日;湖南省试验品种是晚稻金优 207,播种期 2007 年 6 月 23 日,孕穗普遍期 2007 年 8 月 28 日,成熟期 2007 年 10 月 13 日。据农业气象观测人员记录,2007 年晚稻生育期间,两个试验地未出现病虫害及其它灾害性天气,满足试验设计条件的需要。

### 1.2 试验设计

(1) 秧田时,将试验器皿(底部封闭、直径 28 cm、深度为 50 cm 的塑料桶)深埋入大田,与大田平齐,以保证大田肥水与验器皿流通。移栽时,随机选取秧苗移栽至验器皿,每桶种植 1 穴(3~4 株),与大田同步栽培管理。

中国气象局 2007 年新技术推广项目“我国南方主要水稻品种气象指标鉴定”(CMATG2007M37)资助

作者简介:孔萍,女,1985 年生,硕士研究生,研究方向为灾害管理,Email:kongping12345@163.com

收稿日期:2009 年 4 月 20 日;定稿日期:2009 年 2 月 20 日

\* 通讯作者,Email:Xiaojinxiangjx@126.com

(2)孕穗普遍期时,试验样本连同器皿移出大田,测定5种干旱处理离表层15~20 cm处的土壤湿度,进行5种干旱试验处理,分别是在孕穗普遍期后干旱7 d、10 d、13 d、16 d、至植株死亡,每种处理3个重复,共计15穴水稻样本。干旱试验处理后,对未死亡的植株重新放回原处,恢复大田栽培管理。计算土壤重量含水率(%):即土壤含水量占干土重的百分比,其公式计算如下<sup>[12]</sup>:

$$W = \frac{g_2 - g_3}{g_3 - g_1} \times 100\%$$

W:土壤重量含水率(%); $g_1$ :盒重(g); $g_2$ :盒与湿土重(g); $g_3$ :盒与干土重(g)

(3)成熟时,取干旱7 d、10 d、13 d、16 d 4种处理的30穗进行烤种,采集产量及产量结构因子数据,计算理论产量( $g/m^2$ )及减产率(%),其公式计算如下:

$$\text{理论产量} = \frac{\text{穗结实粒数} \times \text{千粒重} \times 1 \text{ m}^2 \text{ 有效茎数}}{1000}$$

$$\text{减产率} = \frac{\text{大田产量} - \text{试验产量}}{\text{大田产量}} \times 100\%$$

### 1.3 分析方法

本文统计分析在应用软件SPSS下进行,以湖

北试验数据做分析,湖南试验数据做检验。首先采用相关分析确定干旱天数与产量结构因子、减产率、土壤湿度相关性,并比较灾害处理后产量结构因子与大田正常生长的差异,筛选出受干旱影响显著的因子;其次应用线性回归和非线性回归建立干旱天数与土壤湿度、干旱天数与减产率、土壤湿度与减产率的回归方程。在此基础上,借鉴农业气象中用于评价水稻丰、平、欠的标准,以减产率和土壤湿度为因子,拟晚稻干旱灾害程度评价标准,对干旱处理进行灾害鉴定,得出不同程度灾害的干旱天数。

## 2 干旱试验灾害水平分析

### 2.1 干旱对产量结构因子影响分析

通过干旱天数与产量结构因子(穗粒数、穗结实粒数、千粒重及结实率)的相关性分析,得出干旱天数与与穗粒数、穗结实粒数、千粒重均呈显著负相关,相关系数分别为-0.972、-0.959、-0.910;干旱天数与结实率呈显著正相关,相关系数为0.857,见表1。

表1 干旱天数与产量结构因子相关系数

	穗粒数	穗结实粒数	千粒重	结实率
干旱天数	-0.972**	-0.959**	-0.910**	0.857**

注:\*\*表示0.01水平下相关性显著。

以大田正常生长产量结构因子为对照,计算不同处理的产量结构因子的平均值,列出干旱天数对晚稻产量结构因子影响程度表,见表2。晚稻孕穗普遍期后受干旱影响大的产量结构因子为穗粒数和穗结实粒数。干旱7 d时,穗结实粒数的变化大于穗粒数的变化;干旱10 d以后,穗粒数的变化大于穗结实粒数的变化;结实率指穗结实粒数占穗粒数

的比率,基于穗粒数与穗结实粒数对干旱敏感的时间差异,致使结实率受干旱灾害影响无明显规律。如干旱13~16 d,穗粒数减少32.08%,穗结实粒数减少16.71%,干旱16 d时结实率为75.63%,甚至超过大田正常生长结实率水平;千粒重受干旱天数影响比较小,干旱7 d时最轻减少0.07%,干旱16 d时最重减少1.13%。

表2 干旱天数对产量结构因子影响程度表

	穗粒数(变化)/粒(%)	穗结实粒数(变化)/粒(%)	千粒重(变化)/g(%)	结实率(变化)/%
大田对照	144.78	105.40	22.04	72.80
干旱7 d	140.54(-4.24)	93.46(-11.94)	21.98(-0.06)	66.50(-6.30)
干旱10 d	128.56(-16.22)	90.89(-14.51)	21.22(-0.82)	70.70(-2.10)
干旱13 d	113.16(-31.62)	78.03(-27.37)	21.21(-0.83)	68.95(-3.85)
干旱16 d	81.08(-63.70)	61.32(-44.08)	20.91(-1.13)	75.63(2.83)

## 2.2 干旱天数对产量影响分析

随着干旱天数增加,土壤湿度逐渐减小,产量逐步下降,减产率上升,应用线性回归和非线性回归方

法建立干旱天数、土壤湿度和减产率三者之间的回归方程见表 3。

表 3 干旱天数、土壤湿度和减产率回归方程及方程检验

	序号	公式	R	F	显著性
土壤湿度(y)与干旱天数(x)	1	$y=31.048-1.421x$	-0.953	29.968	0.012*
减产率(y)与干旱天数(x)	2	$y=-17.201+3.715x$	0.978	43.562	0.022*
减产率(y)与土壤湿度(x)	3	$y=55.095-2.015x$	0.824	4.238	0.176
	4	$y=-15.331+539.728/x$	0.954	21.712	0.046*

注:\*表示 0.05 水平下显著。

随干旱天数的增加,土壤湿度逐渐降低,负线性相关性显著,系数为-0.953。干旱 7 d 土壤湿度为 23.29%,干旱 16 d 土壤湿度下降至 9.94%,干旱 18 d 植株死亡,临界点土壤湿度为 5.57%。根据拟合的土壤湿度与干旱天数的线性回归方程,干旱天数每增加 1 d,土壤湿度降低 1.42%。

随干旱天数的增加,减产率不断上升,正线性相关性显著,系数为 0.978。干旱 7 d 减产率为 11.57%,干旱 16 d 减产率升高为 44.80%,根据拟合的减产率与干旱天数的回归方程,干旱天数每增加 1 d,减产率升高 3.72%。

随土壤湿度逐渐降低,减产率上升。线性相关性不显著,方程显著性为 0.176,未通过检验;应用非线性回归拟合逆曲线方程显著性为 0.046,通过 0.05 信度检验。

## 2.3 干旱灾害水平鉴定

借鉴殷剑敏等人有关早稻洪涝灾害程度鉴定标准<sup>[13]</sup>:减产率 $\leq 5\%$ ,无影响; $5\% < \text{减产率} \leq 10\%$ ,轻度影响; $10\% < \text{减产率} \leq 25\%$ ,中度影响;减产率 $> 25\%$ ,重度影响。通过减产率与土壤湿度逆曲线方程,得出土壤湿度为评价因子的灾害程度鉴定标准:土壤湿度 $> 27\%$ ,无影响; $27\% \geq \text{土壤湿度} > 22\%$ ,轻度影响; $22\% \geq \text{土壤湿度} > 13\%$ ,中度影响; $13\% \geq \text{土壤湿度}$ ,重度影响。

根据干旱天数与减产率回归方程,得出干旱天数为评价因子的灾害程度鉴定标准:自大田土壤上层无水开始干旱 6~7 d,晚稻受到轻度灾害;干旱 8~11 d,晚稻受中度灾害;干旱 12 d 以上受重度灾害。

## 2.4 灾害评价标准检验

湖南试验点干旱灾害试验共 4 种处理,每种处理

有 3 个重复,共 12 个样本。大田产量为 471.29 g/m<sup>2</sup>,根据干旱天数与减产率分别鉴定出湖南处理的灾害程度匹配率达 83.33%,如表 4 所示。

表 4 灾害评价标准检验

干旱天数/d	灾害程度	减产率/%	灾害程度	匹配
7	轻	14.52	中	-
7	轻	9.75	轻	+
7	轻	8.39	轻	+
10	中	29.26	重	-
10	中	17.71	中	+
10	中	21.91	中	+
13	重	39.44	重	+
13	重	45.83	重	+
13	重	44.27	重	+
16	重	50.58	重	+
16	重	56.36	重	+
16	重	63.62	重	+

注:+表示两种鉴定灾害程度相同;-表示两种鉴定灾害程度不同。

## 3 小结

水稻在孕穗普遍期后受干旱灾害,影响最大的产量结构因子是穗粒数和穗结实粒数。自土壤上层无水开始,连续干旱 6~7 d,晚稻受到轻度灾害;干旱 8~11 d,晚稻受中度灾害;干旱 12 d 以上受重度灾害。

本文是基于 2007 年湖南湖北两地的干旱试验数据进行分析,试验结果通过统计检验,还需要进一步在实践中检验方能推广。湖南试验地未测定不同干旱天数的土壤湿度,依据土壤湿度进行晚稻干旱

程度评价标准未能得到检验,需进一步展开相关研究工作。

## 参考文献

- [1] 邓振镛,董安祥,郝志毅,等. 干旱与可持续发展及抗旱减灾技术研究[J]. 气象科技, 2004, 32(3): 187-190.
- [2] 穆平,李自超,李春平,等. 水、旱稻根系性状与抗旱性相关分析及其 QTL 定位[J]. 科学通报, 2003, 48(20): 162-169.
- [3] 霍治国,李世奎,王素艳,等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 692-703.
- [4] 谭桂容,孙照渤,陈海山. 旱涝指数的研究[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(2): 153-158.
- [5] 宋连春,邓振镛,董安祥,等. 干旱[M]. 北京:气象出版社, 2003: 54-55.
- [6] 王成瑗,王伯伦,张文香,等. 土壤水分胁迫对水稻产量和品质

- 的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(1): 131-137.
- [7] 李成业,熊昌明,魏仙君. 中国水稻抗旱研究进展[J]. 作物研究, 2006, (5): 426-429.
- [8] 张叶,罗怀良. 农业气象干旱指标研究综述[J]. 资源开发与市场, 2006, 22(1): 50-52.
- [9] 刘爱梅,李景宇,杨晓武. 张家口气候变化及其对种植业的影响[J]. 气象科技, 2007, 2007, 35(2): 236-239.
- [10] 黄会平. 1949~2005年全国干旱灾害若干统计特征[J]. 气象科技, 2008, 36(5): 551-555.
- [11] 李玉林,杨梅,曾光平. 江西省7至9月水汽资源特征[J]. 气象科技, 2003, 31(3): 167-173.
- [12] 国家气象局. 农业气象观测规范(上卷)[M]. 北京:气象出版社:1993.
- [13] 殷剑敏,孔萍,李迎春,等. 我国南方早稻洪涝灾害指标试验研究[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(4): 1-5.

# Tests on Droughts Indexes for Late Rice in Southern China

Kong Ping<sup>1</sup> Yin Jianmin<sup>1</sup> Xiao Jinxiang<sup>2</sup> Li Yingchun<sup>3</sup>

(1 Jiangxi Provincial Climate Center, Nanchang 330046; 2 College of Gardening and Art; Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045; 3 Jiangxi Provincial Institute of Meteorological Science, Nanchang 330046)

**Abstract:** According to the fact that late rice responses to droughts most sensitively after booting stage, five drought indexes are designed in the tests: the numbers of drought days after booting stage being 7, 10, 13, 16 days and till plant death, respectively. The results show that there exist significant negative correlations between the number of drought days and the number of grains per spike, the number of filled grains per spike. The correlation coefficients are  $-0.956$  and  $-0.959$ . Soil moisture decreases rapidly and yield reduction rate rises with the increasing number of drought days. When the number of drought days is up to 18, the plants go dead at a critical soil moisture of  $5.57\%$ . The linear and nonlinear regression methods are applied in establishing the equations among the number of drought days, soil moisture, and yield reduction rate. It is concluded that there is slight influence in the first 6 to 7 days of droughts, moderate influence in 8 to 11 days, severe influence over 12 days.

**Key words:** late rice, booting stage, drought index, soil moisture