

# 基于涝渍胁迫测桶系统的小麦渍害试验研究

张志秀<sup>1</sup>, 马雨衍<sup>2</sup>, 薛子龙<sup>2</sup>, 程 宇<sup>2</sup>, 梁天文<sup>3</sup>

(1. 扬州市江都区运河管理处, 江苏 扬州 225200; 2. 南京市长江河道管理处, 江苏 南京 210000;

3. 扬州市江都区沿运灌区管理处, 江苏 扬州 225200)

**摘要:**为研究涝渍胁迫对小麦产量的影响,对小麦开展渍害研究。在位于扬州江都的农田水利科学研究所布置12个测桶,配备马氏瓶进行桶内水位控制,探讨不同渍害程度下小麦形态、生理及产量的变化规律。结论表明:除了较严重的渍害会影响小麦根系数量的生长,其余的形态指标受影响较小;生理指标中的土壤水分和光合作用受涝渍影响较大,叶绿素含量受影响较小;而小麦产量则受涝渍影响较大,中渍害和重渍害会导致减产,平均分别将减产1.64%和6.71%。

**关键词:**水涝渍胁迫;测桶;小麦;产量;变化规律

中图分类号:[TV93] 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2024)10-0010-0005

## Experimental study on wheat waterlogging damage based on waterlogging stress measurement bucket system

ZHANG Zhixiu<sup>1</sup>, MA Yuyan<sup>2</sup>, XUE Zilong<sup>2</sup>, CHENG Yu<sup>2</sup>, LIANG Tianwen<sup>3</sup>

(1. Jiangdu District Canal Management Office of Yangzhou, Yangzhou 225200, China;

2. Nanjing Yangtze River Administration Office, Nanjing 210000, China;

3. Management Office of Yanyun Irrigation District in Jiangdu, Yangzhou 225200, China)

**Abstract:** To study the impact of waterlogging stress on wheat yield, this article has been conducting waterlogging damage research on wheat. Twelve measuring barrels were set up at the agricultural water conservancy scientific research station located in Jiangdu, Yangzhou, equipped with Markov bottles to control the water level inside the barrels, and to explore the changes in wheat morphology, physiology, and yield under different degrees of waterlogging. The conclusion indicates that, except for severe waterlogging that affects the growth of wheat root system quantity, other morphological indicators are less affected; Soil moisture and photosynthesis in physiological indicators are greatly affected by waterlogging, while chlorophyll content is less affected; wheat yield is greatly affected by waterlogging, with moderate and severe waterlogging causing a decrease in yield, averaging 1.64% and 6.71% respectively.

**Key words:** waterlogging stress; measurement bucket; wheat; yield; change rule

江苏扬州地区是我国重要的商品粮基地,其中小麦的商品率是80%~90%,是农民从种植业中获得收益最高的作物,小麦的生产水平与扬州地区粮食产量和农民收入息息相关<sup>[1-2]</sup>。而扬州位于长江中下游地区,气候湿润,水源充足,易发生洪涝灾害,

同时由于农田排灌基础设施不到位,排灌措施制定的不合理,小麦易受到不同程度的涝渍胁迫<sup>[3-5]</sup>,这是影响扬州地区小麦种植产量的重要因素之一。本文作者自2022年开始,对小麦开展渍害研究,探讨不同渍害程度下小麦形态、生理及产量的变化规

收稿日期: 2024-07-16

作者简介: 张志秀(1990—),女,工程师,本科,主要从事水利工程建设管理工作。E-mail: 1002625463@qq.com

律,以便更科学合理地制定综合性措施来进一步提升小麦产量,提高种植效益,促进本地粮食高效发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

项目区位于扬州市江都区沿运灌区的农田水利科学研究所,东经 $119^{\circ}30'15''$ ,北纬 $32^{\circ}32'53''$ ,具体位置如图1所示。江都区位于中纬度地带,属于副热带湿润气候区,气候温和,四季分明。年平均气温 $15.3^{\circ}\text{C}$ ,年平均最高气温为 $20.0^{\circ}\text{C}$ ,区内雨热同季,降水丰沛,年平均降水量为 $1\,002\text{ mm}$ ,年内降雨分布不均,分布如图2所示,为单峰型,7月降水量达到峰值,占年降水量的19.7%。研究区多年平均蒸发量为 $965.7\text{ mm}$ ,日照充足,年日照时数 $2\,131\text{ h}$ ,无霜期长,约为 $220\text{ d}$ 。

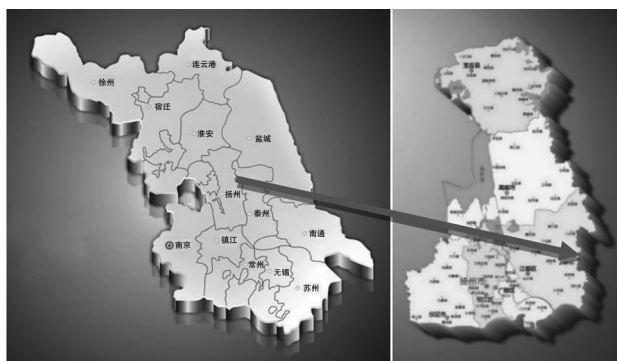


图1 试验区位置示意

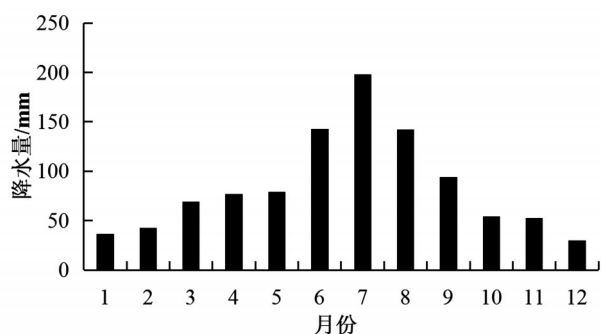


图2 试验区的月平均降水量

### 1.2 试验方法

在试验区布置圆形测筒共计12个,单个测筒直径 $0.4\text{ m}$ ,高度 $1.2\text{ m}$ ;每个测筒外侧配备马氏瓶,进行桶内水位控制。为了精确计算小麦耗水量,测筒上方布设防雨棚,用以排除试验期间降水的影响。现场情况如图3所示。



图3 试验区圆形测筒布置

本试验选取的小麦品种是扬麦13号,一般在10月末或11月初进行播种,来年5月末或6月初收获。将小麦生长期分成7个生育阶段:苗期、分蘖期、返青期、拔节期、孕穗期、灌浆期和乳熟期。研究表明,孕穗期对水分胁迫最敏感,因此针对孕穗期安排水分胁迫处理,其他生育期为无渍害处理,水位埋深控制在 $0.8\text{ m}$ 。

以测筒内水位埋深作为控制指标,设置4种试验处理方式,分别为对照组(无渍)、轻渍、中渍和重渍。具体地下水埋深及受渍时间如表1所示。

## 2 试验过程记录

### 2.1 小麦生育期记录

本试验小麦各生育期记录如表2所示。

### 2.2 不同涝渍处理下的灌水量记录

无渍、轻渍、中渍、重渍4种不同的处理方式,每种进行3个重复,编号CK1、CK2、CK3。所用灌水量如图4所示。

轻涝渍处理比无涝渍处理平均增加26.36%的灌水量;重涝渍比中涝渍处理平均增加19.91%灌水量。其主要原因是在孕穗期为达到渍害要求地下水位所进行的灌溉补给差异,在孕穗期4个不同处理的平均灌水量分别为: $2.22\text{ cm}$ 、 $13.08\text{ cm}$ 、 $18.13\text{ cm}$ 、 $23.98\text{ cm}$ ,其他时间灌水量基本差异不大。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 不同涝渍处理对作物形态的影响

试验针对小麦的形态指标主要有:叶面积指数、株高及根系数量。监测结果如下:

#### 3.1.1 不同涝渍处理对叶面积指数的影响

在小麦生育期针对不同涝渍处理共进行5次叶面积指数测量,主要是在返青、拔节期和孕穗期,如图5所示。在拔节期前期(第二次监测),无渍害和

表1 小麦渍害试验处理地下水埋深及受渍历时

处理	苗期地 地下水 埋深/m	分蘖期 地下水 埋深/m	返青期 地下水 埋深/m	拔节期 地下水 埋深/m	孕穗期			灌浆期 地下水 埋深/m	乳熟期 地下水 埋深/m
					地下水 埋深/m	受渍 历时/d	降渍 历时/d		
对照组	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	—	—	0.8	0.8
轻渍	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5	5	3	0.8	0.8
中渍	0.8	0.8	0.8	0.8	0.3	5	3	0.8	0.8
重渍	0.8	0.8	0.8	0.8	0.1	5	3	0.8	0.8

表2 小麦各生育期记录

日期	生长期	施肥措施
11.21	播种	施基肥
12.05	出苗	
12.20	分蘖	施苗肥
12.25	越冬	
02.15	返青	
03.15	拔节孕穗	施拔节肥
04.15	抽穗灌浆	
05.25	乳熟	

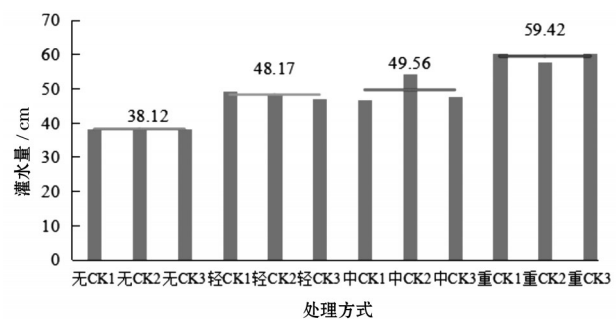


图4 不同涝渍处理测桶单位面积上的灌水量

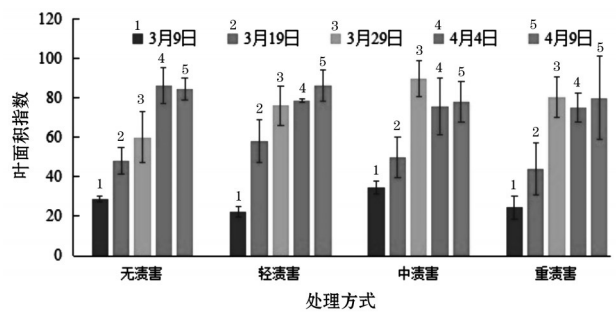


图5 不同涝渍处理对小麦叶面积指数的影响

轻渍害叶面积指数增长均较快,而中渍害和重渍害则在第三次监测时表现增幅最大,且均达到最大值。无渍害和轻渍害随着作物生长,叶面积指数呈

增加趋势,但平均情况下中渍害和重渍害在孕穗期之后均有维持稳定甚至逐渐减小的趋势,说明较严重的渍害会影响叶面积生长。但不同处理时的叶面积指数,最终差异并不明显,均在80%左右。

3.1.2 不同涝渍处理对株高的影响

不同涝渍处理下,小麦的平均株高变化差异不明显。如图6所示。在第一次监测时,不同处理下的小麦平均株高均在30 cm左右,第二次监测时,无渍害、轻渍害和中渍害平均株高均在44 cm左右,但重渍害时只有40.23 cm,而第三次监测,中渍害生长速度明显快于其他渍害处理,平均株高达到60.47 cm,而其他处理均为57 cm左右,第四次监测表现为,中渍害和无渍害处理时平均株高为64 cm左右,而其他两个处理为60 cm,最后一次监测,各个处理的平均株高均在67 cm左右,差异较小。说明,不同涝渍处理会影响生长过程中的株高,对孕穗期后的株高影响不大。

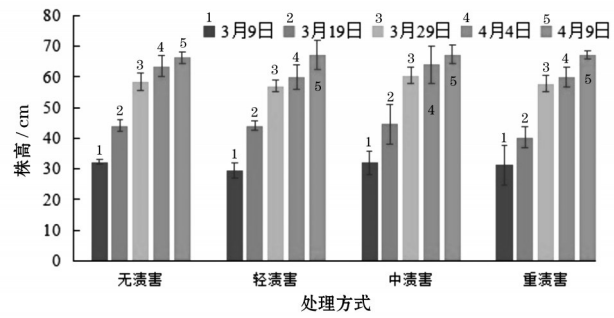


图6 不同涝渍处理对小麦株高的影响

3.1.3 不同涝渍处理对根系数量的影响

如图7所示,在4次监测过程中发现,不同处理时的根系数量有较大的差异:无渍害和轻渍害的根系数量大于中渍害和重渍害,在4月9日时,轻渍害和无渍害时差异较小,中渍害和重渍害平均比无渍害根系数量少13.93%和26.56%。说明较严重的渍

害会影响小麦根系数量的生长。

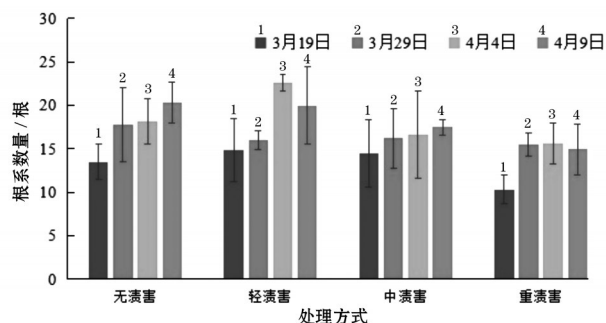


图7 不同涝渍处理对小麦根系数量的影响

### 3.2 不同涝渍处理对小麦生理的影响

本试验小麦的生理指标主要监测了小麦生长过程中土壤水分的变化、叶绿素含量的变化及光合作用的变化,所得监测结果如下:

#### 3.2.1 不同涝渍处理对小麦土壤水分的影响

从图8可以看出,不同渍害处理对土壤水分影响较为明显。总体而言,由于灌溉量的增加,中渍害和重渍害处理时,土壤含水量明显高于无渍害处理;轻渍害差异不明显。以3月28日为例,无渍害处理时土壤平均含水量为16.30%,轻渍害为19.66%,而中渍害和重渍害分别为:26.31%,29.17%,变化幅度超过60%。

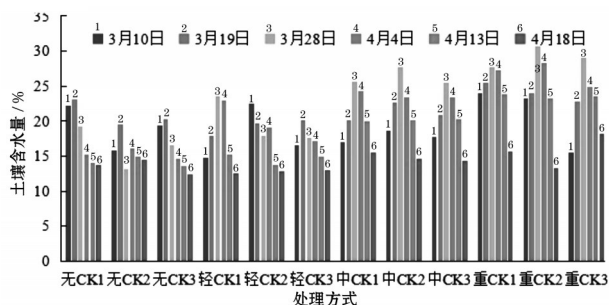
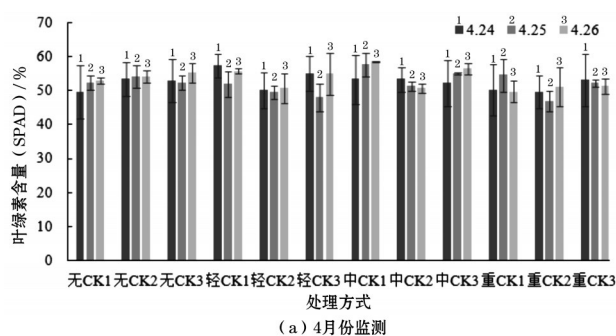


图8 不同涝渍处理对小麦土壤水分的影响

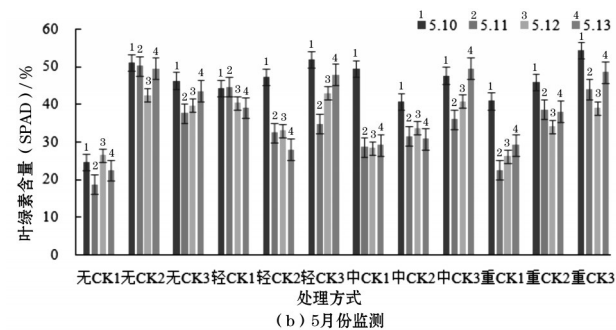
#### 4.2.2 不同涝渍处理对叶绿素含量的影响

由图9(a)4月24日至4月26日监测数据显示:各种处理下,小麦的叶绿素含量相差较小,叶绿素含量均在50%左右,其主要是因为此时仍处于小麦生长旺季,光合作用均较强。说明,在小麦生长旺盛时,涝渍胁迫对小麦叶绿素含量影响并不大。

5月10日至5月13日,此时属于小麦生长后期,见图9(b),不同处理的叶绿素含量有不同差异。例如无渍害CK1处理,其4 d监测的平均叶绿素含量仅为20.14%,而CK2和CK3处理叶绿素含量均在



(a) 4月份监测



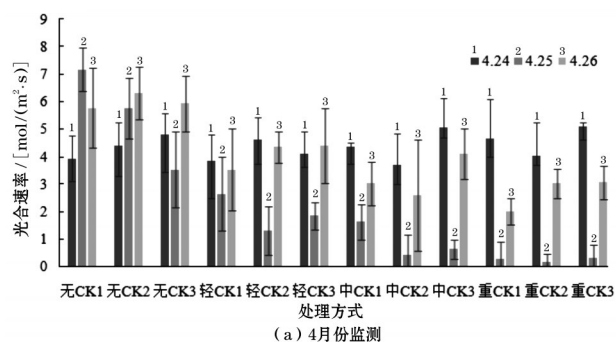
(b) 5月份监测

图9 不同涝渍处理对小麦叶绿素含量的影响

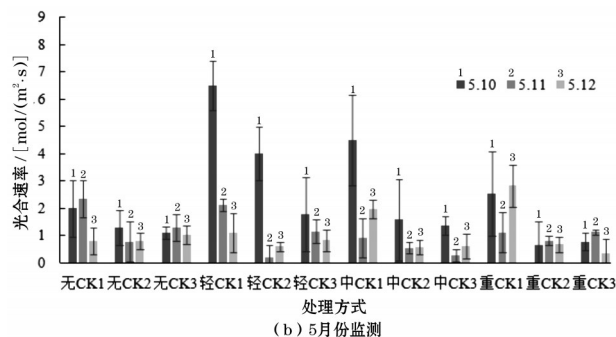
40%左右,而中渍害处理时,CK1和CK2处理在5月10日时叶绿素含量均很高,其他时间,叶绿素含量均在30%左右。各种处理间无明显变化规律,说明在小麦生长后期,涝渍胁迫对小麦叶绿素含量无明显差异。

#### 3.2.3 不同涝渍处理对光合作用的影响

由图10可知,不同涝渍处理对小麦光合作用影响较大。从4月24日至4月26日的监测数据可以



(a) 4月份监测



(b) 5月份监测

图10 不同涝渍处理对小麦光合速率的影响



看出,总体而言,有涝渍胁迫的处理,小麦光合速率均小于无渍害处理。

在孕穗期后期(5月11日和5月12日)监测的结果同样也显示,涝渍胁迫会影响小麦的光合速率。而5月10日,涝渍处理时的光合速率大于无涝渍处理,其可能原因与光合速率受光照强度有关,因为监测当天时而出太阳,时而阴天,而由于光合速率单个监测时间过长,受光照影响较大。

### 3.3 不同涝渍处理对小麦产量的影响

针对小麦产量,本次监测主要在收获时记录每个测桶的穗数、生物量等,烘干处理后统计每个测桶的干物质量及粒数、粒重,而后计算产量及千粒重。

#### 3.3.1 不同涝渍处理对小麦生物量及干物质量的影响

由图 11 可知,不同涝渍处理下,无渍害处理的平均生物量最高,为 32.98 g,其后基本为涝渍越严重生物量越小,重渍害最低为 30.68 g,不同涝渍处理总体上平均变化并不是太大。

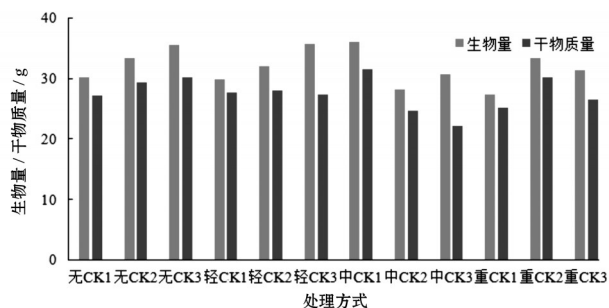


图 11 不同涝渍处理对小麦生物量及干物质量的影响

干物质量的监测结果和生物量类似,但重渍害的生物量(27.30 g)略大于中渍害(26.05 g),总体上符合涝渍越严重,干物质量越小的规律。

#### 3.3.2 不同涝渍处理对小麦产量及千粒重的影响

由图 12 可知,不同涝渍处理下,无渍害处理的产量为 85.07 g,轻渍害处理的平均产量略大于无渍害处理为 85.46 g,中渍害和重渍害均小于无渍害处理,平均产量分别为 83.68 g 和 79.36 g,分别比无渍害处理减产 1.64% 和 6.71%。

不同处理下的千粒重相差较小,但仍有涝渍越严重,平均千粒重越小的趋势。4 种处理下的平均

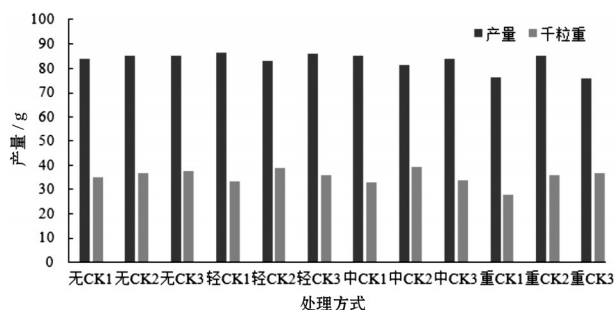


图 12 不同涝渍处理对小麦产量及千粒重的影响

千粒重分别为:36.46 g、36.05 g、35.27 g 和 33.49 g。

## 4 结 论

通过在试验站开展小麦测筒种植试验,根据对测量结果的数据分析和理论分析,探讨不同渍害程度下小麦形态、生理及产量的变化规律,得出以下结论:小麦的形态指标受不同涝渍处理的影响较小,尤其是叶面积指数和株高,但较严重的渍害会影响小麦根系数量的生长;小麦的不同生理指标受不同涝渍处理的影响不同,土壤水分和光合作用受涝渍影响较大,但涝渍胁迫对叶绿素含量影响较小;小麦产量受涝渍影响较大,轻涝渍胁迫不会影响小麦产量,但中渍害和重渍害会导致减产,平均分别将减产 1.64% 和 6.71%。

相关的规律显示,涝渍胁迫对一些形态指标和生理指标不敏感,其原因可能是由于涝渍处理的时间较短,以后的研究可根据实际情况,增加处理的时间。

#### 参考文献:

- [1] 王曙光,袁秋勇,王汝利. 扬州市小麦生产历史、现状及发展潜力探讨[J]. 农业科技通讯,2017(10):16-19.
- [2] 王君,杨武广,温凯,等. 江苏扬州邗江区小麦产业现状、问题及发展建议[J]. 农业工程技术,2021,41(35):10-11.
- [3] 李林林,揭雨成,赵龙,等. 长江流域油菜渍害现状与防控对策综述[J]. 江苏农业科学,2024,52(10):1-10.
- [4] 万肖. 基于小麦涝渍胁迫日指数定量分析研究[D]. 武汉:长江大学,2023.
- [5] 王金杰. 涝渍胁迫对淮北平原冬小麦碳通量及生长发育的影响研究[D]. 郑州:华北水利水电大学,2019.