

DOI:10.13718/j.cnki.zwyx.2023.04.003

## 温汤浸种防治苗期水稻恶苗病的效果及对生长的影响

杨静, 林瑞鹏, 王英秀,  
王昭君, 董德隆, 孔祥清

黑龙江八一农垦大学 黑龙江省作物-有害生物互作生物学及生态防控重点实验室, 黑龙江 大庆 163319

**摘要:** 近年来水稻恶苗病发生严重, 药剂拌种对恶苗病防效却逐年下降, 寻找更安全、更环保、减少农药使用的物理防治方法愈发重要. 本研究以“龙粳 31”为试验对象, 采用温汤浸种方法处理水稻种子, 设置不同浸种温度、浸种时间及包衣消毒进行种子萌发, 并对秧苗素质及恶苗病的防治效果进行测定. 研究表明, 不同温汤浸种温度和浸种时间对其种子萌发、根芽生长和秧苗素质的影响不同. 温汤处理影响破胸率、发芽势和发芽率的临界温度、时间分别为 59 °C、10 min 和 60 °C、10 min; 当温汤处理温度 63 °C、时间 10 min 和温度 60 °C、处理时间 18 min 对地下干重促进最大; 处理温度 59 °C、时间 10 min 和温度 60 °C、处理时间 10 min 及以上条件下, 抑制恶苗病效果达到 99.9% 以上, 其消毒效果均优于包衣种子或与其防效相同. 本研究探明了温汤浸种与水稻恶苗病、种子萌发、秧苗素质的关系, 为温汤浸种技术的推广应用提供了理论依据.

**关键词:** 水稻; 温汤浸种; 种子萌发;  
秧苗素质; 水稻恶苗病

中图分类号: S435.1

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 2097-1354(2023)04-0018-10

## Effects of Seed Soaking on the Prevention of Rice Malignant Seedling Disease and Growth of Seedling

YANG Jing, LIN Ruipeng, WANG Yingxiu,  
WANG Zhaojun, DONG Delong, KONG Xiangqing

收稿日期: 2023-05-28

基金项目: 黑龙江省应用技术与开发计划(GA19B104).

作者简介: 杨静, 硕士研究生, 主要从事农药学研究.

通信作者: 孔祥清, 教授.

Heilongjiang Key Laboratory of Crop-Pest Interaction Biology and Ecological Control,  
Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing Heilongjiang 163319, China

**Abstract:** In recent years, rice seedling disease has become a serious issue, and the effectiveness of seed dressing in preventing rice seedling disease has been decreasing year by year. Therefore, it is increasingly important to find physical control methods that are more safe, environmentally friendly, and reduce the use of pesticides. This article explores the method of use lukewarm water treating the rice seeds. ‘Longjing 31’ rice seeds were used as the test subject. Different seed soaking temperatures, soaking times, and the coating disinfection were evaluated for their effects on seed germination, seedling growth and quality, and the prevention and control of bakanae disease. The results indicate that different soaking temperature and time had varying effects on seed germination, growth, and seedling quality. The critical temperature and time for achieving optimal blanching effects, germination potential, and germination rate were 59 °C for 10 minutes and 60 °C for 10 minutes, respectively. Soaking at 63 °C for 10 minutes and at 60 °C for 18 minutes resulted in the maximum promotion of the dry weight of underground part of plant. Treating the seeds at temperature of 59 °C for 10 minutes and 60 °C for 10 minutes, along with the above-mentioned conditions, achieved an inhibition effect on bakanae disease of more than 99.9%, which was better or same as the effect of seeds dressing. This study establishes the relationship between lukewarm water seed soaking and rice bakanae disease, seed germination, and seedling quality, providing a theoretical basis for the application of lukewarm water seed soaking technology.

**Key words:** rice; lukewarm water soaked; seed germination; seedling quality; rice bakanae disease

被誉为“中华大粮仓”的黑龙江省,水稻恶苗病的发病率近几年呈上升趋势,尤其作为主栽品种的“龙粳31”发病率明显高于其他品种<sup>[1-4]</sup>,给黑龙江省水稻产量造成极大损失。然而,水稻恶苗病目前的防控方法较为单一,主要为化学药剂浸(拌)种、包衣,防治效果不理想,无法满足水稻生产的需要,药剂拌种还会对环境造成污染。鉴于此,各种水稻种子消毒技术被开发出来,并逐步得到推广和应用<sup>[5-6]</sup>。

寻找农药替代技术,对提高种子质量、促进生态友好型社会具有重要意义<sup>[7-8]</sup>。温汤浸种技术作为一种清洁、简单、低成本的消毒技术,在杀菌的同时可促进谷类作物稳定发芽,提高播种率<sup>[9-10]</sup>。温汤浸种技术已经广泛应用于卷心菜、胡萝卜、西红柿、羊肉茼蒿和芹菜等蔬菜<sup>[11]</sup>。研究发现,相比其他处理方法,温汤浸种和干热处理能有效消灭病毒,但温汤浸种操作过程中水温不容易控制,容易造成出芽率降低<sup>[12]</sup>。随着技术的发展和先进设备的引进,我国水稻种植机械化推广力度加大,一定程度上提高了该技术的可实施性<sup>[13-15]</sup>。但是,目前机械化温汤浸种处理对水稻种子的具体影响尚未明确。基于此,本研究以“龙粳31”为试验材料,研究不同浸种温度和浸种时间对种子萌发、根芽生长、秧苗素质的影响及对水稻恶苗病的防治效果,以探明温汤浸种与水稻恶苗病、种子萌发、秧苗素质的关系,旨在为温汤浸种技术的推广应用提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

供试水稻品种为“龙粳31”,购自北大荒建设集团有限公司建三江分公司;温汤浸种设备为DK-S26型恒温水浴锅;种衣剂为护苗种衣剂(戊唑醇)。

## 1.2 试验方法

试验设2种温汤浸种方式,包括同一时间不同温度、同一温度不同时间(表1);同时设置常温白种子(不包衣)和常温包衣消毒作为对照.在直径9 cm的培养皿中放置2张滤纸进行萌发试验,每皿均匀摆放100粒种子,然后加水至种子高度的一半,每处理3次重复,置于25℃培养箱中,萌发期间缺水要及时补充,期间调查破胸动态(破胸后每12 h调查一次)、发芽势、发芽率及根芽生长情况.上述经不同处理的种子于室温浸种3 d,催芽后常规播种(每盘芽种130 g),出苗期调查出苗率、秧苗素质、恶苗病发病情况,其他秧田管理同常规生产.

表1 温汤浸种时间及温度组合

温汤浸种时间/min	温汤浸种温度/℃	温汤浸种温度/℃	温汤浸种时间/min
10	58	60	8
	59		10
	60		12
	61		14
	62		16
	63		18

## 1.3 测定项目及方法

### 1) 发芽指标测定

将经不同处理的种子分别放置于培养皿中,于48 h, 72 h, 96 h, 120 h动态调查破胸率,第7 d和第10 d调查发芽势和发芽率,以芽长超过种子长度1/2、根长达到种子长度为标准.完成发芽率调查后扫描根系、并测定芽长,每个重复调查10苗,各处理共调查3次重复,合计30株苗.

### 2) 秧苗素质测定

移栽前每个处理随机选取30株秧苗测定株高、叶龄、根长、茎基宽、第1叶耳间距、第2叶耳间距.另每个处理随机选取100株秧苗测量地上鲜重、地下鲜重、地上干重、地下干重.根系扫描方法为先用清水冲洗干净水稻根系表面附着物,将根系切下平铺在根系专用放置盘中,加水并使水层保持在1~1.2 cm,保持每条不定根单独分开,用根系形态专用扫描仪(Microtek-Scan-Makeri 800)数字化扫描,然后用LA-S植物根系分析系统分析根系参数,3次重复.干重测定为每盘取100株秧苗,茎叶与根分开装进同样大小的信封后放于烘干箱于105℃下杀青20~30 min,80℃烘干至恒定质量,称质量<sup>[16]</sup>,并根据公式计算充实度<sup>[17]</sup>:

$$\text{充实度} = \text{平均单株地上部干物质重(mg)} / \text{平均苗高(cm)}$$

### 3) 水稻恶苗病防效测定

测定秧苗素质后,于3叶左右调查每个秧盘中的恶苗病的病株率,每个处理重复4次.

## 1.4 数据处理与统计学分析

本研究数据整理采用WPS办公软件,并采用DPS 7.05软件进行数据统计与方差分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同温汤浸种温度对种子萌发的影响

由试验结果可见,经不同温度浸种处理48 h破胸率均高于常温白种子和常温包衣消毒;温

度在 58 °C, 59 °C, 时间在 72 h, 96 h, 120 h 时, 破胸率均高于常温白种子和常温包衣消毒; 温度在 60 °C, 61 °C, 62 °C, 63 °C, 时间在 72 h, 96 h, 120 h 时, 破胸率均低于常温白种子和常温包衣消毒; 以上组间数据比较差异均具有统计学意义(表 2)。

表 2 不同温汤浸种温度种子破胸率比较

%

温度/°C	48 h	72 h	96 h	120 h
58	39.67±5.90abAB	96.00±0.00aA	96.00±0.00aA	97.33±0.88aA
59	41.33±4.33aA	94.67±2.03aA	94.67±2.03aA	96.67±1.45aA
60	35.00±3.51abAB	83.33±2.19bB	83.33±2.19bB	86.00±0.58bB
61	34.67±8.09abAB	80.67±0.33bB	80.67±0.33bB	83.33±1.20bB
62	35.33±8.09abAB	79.67±4.33bB	79.67±4.33bB	82.33±3.71bB
63	30.00±6.56abcAB	69.67±1.45cC	69.67±1.45cC	70.67±0.67cC
常温白种子	14.33±0.33cB	92.33±0.88abAB	92.33±0.88abAB	94.33±0.67aA
常温包衣消毒	22.00±2.89bcAB	93.33±0.33aAB	93.33±0.33aAB	96.00±1.00aA

注: 小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ); 大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p < 0.01$ )。

## 2.2 不同温汤浸种温度对根芽生长的影响

由试验结果可见, 温度在 58 °C, 59 °C 时, 发芽势、发芽率与常温白种子和常温包衣消毒比较, 差异无统计学意义; 其他温度处理发芽势、发芽率均低于常温白种子和常温包衣消毒, 差异具有统计意义。经温汤浸种处理根长、芽长均高于常温包衣消毒, 差异具有统计学意义。所有温度处理的发芽势、发芽率均显著低于常温白种子, 而所有温度处理的芽长和根长与常温白种子比较差异无统计学意义, 但均显著高于常温包衣消毒, 差异具有统计学意义(表 3)。

表 3 不同温汤浸种温度下根芽生长情况比较

温度/°C	发芽势/%	发芽率/%	根长/cm	芽长/cm
58	94.67±0.67aA	95.67±0.33aA	376.29±49.37aA	5.73±0.16cB
59	95.00±1.00aA	95.67±0.33aA	418.98±6.87aA	6.30±0.18bB
60	82.33±1.67bB	83.33±1.20bB	385.88±16.71aA	6.20±0.17bB
61	78.67±0.67bB	79.67±0.33bB	437.34±12.90aA	6.09±0.13bcB
62	80.33±4.26bB	80.67±4.48bB	394.55±2.72aA	6.28±0.12bB
63	66.00±1.53cC	66.33±1.33cC	397.15±17.41aA	5.93±0.13bcB
常温白种子	95.67±1.45aA	96.00±1.73aA	380.17±2.76aA	6.93±0.18aA
常温包衣消毒	94.67±0.88aA	95.67±0.67aA	155.82±9.08bB	5.02±0.19dC

注: 小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ); 大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p < 0.01$ )。

## 2.3 不同温汤浸种时间对种子萌发的影响

由试验结果可见, 温汤浸种 8 min, 10 min, 12 min, 14 min 时, 48 h 破胸率均高于常温白种子和常温包衣消毒; 在 72 h, 96 h, 120 h 时, 不同温汤浸种时间处理的破胸率均低于常温白

种子和常温包衣消毒, 差异均具有统计学意义(表4)。

表4 不同温汤浸种时间种子破胸率比较

%

时间/min	48 h	72 h	96 h	120 h
8	36.00±7.81aA	82.00±3.51aA	86.33±2.85bAB	89.67±2.67bAB
10	35.00±3.51aA	76.33±0.88aA	83.33±2.19bB	86.00±0.58bB
12	26.00±6.66abAB	62.67±2.96bB	72.00±1.73cC	74.67±1.86cC
14	23.00±5.51abcAB	59.33±2.03bB	70.00±1.53cC	72.67±0.67cC
16	13.00±2.89bcC	40.67±3.18cC	57.33±0.88dD	61.67±0.33dD
18	8.67±1.67cC	39.67±6.33cC	53.67±1.33dD	57.67±2.19dD
常温白种子	14.33±0.33abC	82.00±1.15aA	92.33±0.88aA	94.33±0.67aA
常温包衣消毒	22.00±2.89abcAB	86.00±0.58aA	93.33±0.33aA	96.00±1.00aA

注: 小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ); 大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p < 0.01$ )。

#### 2.4 不同温汤浸种时间对根芽生长的影响

由试验结果可见, 与常温白种子和常温包衣消毒比较, 经不同时间温汤浸种处理的发芽势、发芽率更低, 根长更长; 与常温白种子比较, 经不同时间温汤浸种处理及常温包衣消毒的芽长均更短, 差异均具有统计学意义。其中, 经温汤浸种处理的种子中, 温汤浸种 12 min 的根长最长, 温汤浸种 12 min, 14 min 的芽长更长; 不同温汤浸种处理根长组间比较, 差异均具有统计学意义(表5)。

表5 不同温汤浸种时间根芽生长情况比较

时间/min	发芽势/%	发芽率/%	根长/cm	芽长/cm
8	87.00±2.89bB	88.33±2.73bB	421.58±19.44aA	5.99±0.21bcB
10	82.33±1.67cB	83.33±1.20cC	385.88±16.71abBA	6.06±0.21bcB
12	71.33±1.20dC	72.67±1.45dC	458.43±27.71bAB	6.35±0.21bAB
14	68.00±0.00dC	70.00±1.00dC	400.92±15.34bAB	6.38±0.26abAB
16	54.33±0.33eD	58.00±1.15eD	406.85±9.69bAB	5.98±0.21bcB
18	50.67±1.45eD	55.00±0.58eD	400.67±16.98bB	5.64±0.17cBC
常温白种子	95.67±1.45aA	96.00±1.73aA	380.17±2.76bB	6.92±0.18aA
常温包衣消毒	94.67±0.88aA	95.67±0.67aA	155.82±9.08cC	4.92±0.17dC

注: 小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ ); 大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p < 0.01$ )。

#### 2.5 不同温汤浸种温度对出苗率及秧苗素质的影响

由试验结果可见, 与常温白种子比较, 经不同温度温汤浸种处理和常温包衣消毒的出苗率明显更低, 差异具有统计学意义。其中, 温度 58 °C, 59 °C, 60 °C, 61 °C 时植株的出苗率均在 70% 以上; 经 60 °C 及以上温度处理的出苗率均明显低于常温白种子和常温包衣消毒, 差异具有统计学意义(表6)。

表6 不同温汤浸种温度出苗率比较

温度/℃	出苗率/%
58	86.84±2.93abA
59	87.83±1.75aA
60	76.34±2.03cBC
61	75.23±3.90cdBC
62	68.61±2.93dCD
63	59.28±2.39eD
常温白种子	89.74±1.04aA
常温包衣消毒	80.17±2.15bcAB

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p<0.05$ );大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p<0.01$ ).

由表7-1可见,经不同温度温汤浸种处理的株高之间差异不显著,与常温白种子和常温包衣消毒比较,差异具有统计学意义;叶龄与常温白种子比较明显更高,差异具有统计学意义;除处理温度58℃外,其他温度处理的茎基宽均高于常温白种子,差异具有统计学意义,其中处理温度在63℃的茎基宽最宽;经59℃,62℃,63℃温度浸种处理及常温包衣消毒的根长更长。

表7-1 不同温汤浸种温度秧苗素质比较

温度/℃	株高/cm	叶龄/叶	茎基宽/cm	根长/cm
58	18.69±0.55abAB	3.85±0.06abA	1.77±0.22dD	553.45±43.77abcABC
59	19.40±0.63aA	3.85±abA	2.03±0.03cdCD	738.44±67.15aA
60	17.19±0.45bcBC	3.85±abA	2.33±0.09abcABC	502.48±25.09bcAB
61	18.20±0.58abABC	3.76±0.11abA	2.10±0.06cBCD	507.53±23.42bcAB
62	16.06±0.51cC	3.71±0.06bA	2.53±0.03abAB	656.93±54.96abAB
63	19.58±0.62aA	3.97±0.10abA	2.63±0.07aA	583.95±72.30abcABC
常温白种子	18.69±0.52abAB	3.32±0.17cB	2.03±0.12cdCD	455.82±37.10cBCD
常温包衣消毒	16.10±0.78cC	4.00±0.09aA	2.27±0.12bcABC	716.56±122.84aAB

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p<0.05$ );大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p<0.01$ ).

由表7-2可见,经不同温度温汤处理及常温白种子的地上鲜重和地下鲜重均明显高于常温包衣消毒,差异具有统计学意义;经不同温度温汤处理的地上干重均高于常温白种子和常温包衣消毒,地下干重均高于常温包衣消毒,差异均具有统计学意义;除处理温度59℃外,所有温度浸种处理的充实度均高于常温白种子,其中处理温度在60℃时充实度最高。

表7-2 不同温汤浸种温度秧苗素质比较

温度/℃	地上鲜重/g	地下鲜重/g	地上干重/g	地下干重/g	充实度/(mg·cm <sup>-1</sup> )
58	14.47±0.07abABC	9.07±0.20cBC	2.55±0.05abcABC	1.04±0.04abcdA	13.80±0.48abA
59	12.10±0.55cC	9.67±0.15bcBC	2.25±0.10bcAB	0.94±0.10bcdA	11.63±0.35bA
60	15.23±0.78abAB	8.43±0.71cBC	2.66±0.08abAB	1.33±0.17aA	15.48±0.49aA
61	13.43±0.69bcABC	7.70±0.25cC	2.25±0.03bcAB	0.87±0.04cdA	12.44±0.64abA
62	13.00±0.20bcBC	13.93±1.13aAB	2.36±0.11bcAB	0.91±0.04bcdA	14.80±1.01abA
63	16.40±0.84aA	9.13±0.85cBC	2.85±0.11aA	1.25±0.19abA	14.59±0.80abA
常温白种子	12.13±1.22cBC	12.20±2.11abABC	2.17±0.28cB	1.23±0.19abcA	11.69±1.72bA
常温包衣消毒	11.50±0.95cC	7.07±0.49cC	2.13±0.25cB	0.86±0.06dA	13.61±2.59abA

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p<0.05$ );大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p<0.01$ ).



## 2.6 不同温汤浸种时间对出苗率及秧苗素质的影响

由试验结果可见,经不同时间温汤浸种的出苗率均明显低于常温白种子和常温包衣消毒,其中温汤浸种时间在 12 min, 14 min, 16 min, 18 min 时更显著,差异均具有统计学意义(表 8)。

表 8 不同温汤浸种时间出苗率比较

时间/ min	出苗率/%
8	79.42±3.06bB
10	76.34±2.03bB
12	64.25±2.47cC
14	66.09±1.61cC
16	53.97±2.61dD
18	49.38±1.30dD
常温白种子	89.74±1.04aA
常温包衣消毒	80.17±2.15bB

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ );大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p < 0.01$ )。

由表 9-1 可见,经不同时间温汤浸种处理的株高之间差异不显著,但均明显高于常温包衣消毒,与常温包衣消毒比较叶龄明显更高,且差异具有统计学意义;经不同时间温汤浸种处理的茎基宽,与常温白种子比较差异不显著;经不同时间温汤浸种处理及常温白种子的根长均明显长于常温包衣消毒,差异均具有统计学意义,其中经温汤浸种处理 18 min 的根长最长。

表 9-1 不同温汤浸种时间秧苗素质比较

时间/ min	株高/cm	叶龄/叶	茎基宽/cm	根长/cm
8	18.81±0.38abAB	3.96±0.06abAB	1.87±0.07bA	728.00±32.24abAB
10	17.19±0.45cdBC	3.88±0.08bAB	2.33±0.09aA	502.48±25.09cdBC
12	19.53±0.66aA	3.83±0.08bB	2.10±0.17abA	580.42±42.50bcdAB
14	18.32±0.46abcAB	4.08±0.07abAB	2.20±0.15abA	568.26±45.49bcdAB
16	18.08±0.37bcAB	4.04±0.10abAB	1.97±0.27abA	712.08±83.90abcAB
18	17.45±0.27bcdBC	4.20±0.08aA	2.17±0.12abA	844.56±122.94aA
常温白种子	18.69±0.52abAB	4.00±0.09abAB	2.03±0.12abA	716.56±122.84abcAB
常温包衣消毒	16.10±0.78dC	3.32±0.17cC	2.27±0.12abA	455.82±37.01dB

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p < 0.05$ );大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p < 0.01$ )。

由表 9-2 可见,除温汤浸种 8 min 外,其他不同时间浸种处理的地上鲜重均明显高于常温白种子和常温包衣消毒,差异均具有统计学意义,其中温汤浸种 16 min 和 18 min 地上鲜重更高;不同时间温汤浸种处理及常温白种子的地下鲜重均高于常温包衣消毒,其中温汤浸种 18 min 处理的地下鲜重最高;除温汤浸种 8 min 外,其他不同时间浸种处理的地上干重均高于常温白种子和常温包衣消毒,差异具有统计学意义。除温汤浸种 12 min 外,其他不同时间浸种处理的地下干重均高于常温包衣消毒,温汤浸种 8 min, 16 min, 18 min 的地下干重明显高于常温白种子,差异均具有统计学意义,其中温汤浸种 18 min 的地下干重最高;除温汤浸种 8 min 外,经不同时间温汤浸种的充实度均高于常温白种子,差异具有统计学意义,其中温汤浸

种10 min, 16 min, 18 min 的充实度均较高.

表 9-2 不同温汤浸种时间秧苗素质比较

时间/min	地上鲜重/g	地下鲜重/g	地上干重/g	地下干重/g	充实度/(mg·cm <sup>-1</sup> )
8	10.90±1.39dC	10.57±0.89abABC	1.83±0.28dC	1.69±0.33abAB	9.86±1.76cB
10	15.23±0.78bAB	8.43±0.71bcBC	2.66±0.08abcABC	0.94±0.10cC	15.48±0.49abAB
12	13.27±1.07bcdBC	7.63±1.13bcC	2.37±0.22bcdABC	0.84±0.07cC	12.23±1.45bcAB
14	14.57±0.19bcABC	8.27±0.18bcBC	2.58±0.09abcABC	0.88±0.04cC	14.09±0.60abcAB
16	18.47±0.18aA	12.50±0.96aAB	3.19±0.13aA	2.01±0.09aA	17.65±0.56aA
18	15.57±1.29abAB	12.93±0.64aA	3.03±0.36abAB	2.13±0.25aA	17.41±2.14aA
常温白种子	12.13±1.22cdBC	12.20±2.11aAB	2.17±0.28cdBC	1.23±0.19bcAB	11.69±1.72bcAB
常温包衣消毒	11.50±0.95dBC	7.07±0.49cC	2.13±0.25cdBC	0.86±0.06cC	13.61±2.59abcAB

注:小写字母不同表示组间数据比较差异具有统计学意义( $p<0.05$ );大写字母不同表示组间数据比较差异显著( $p<0.01$ ).

总结,经不同时间温汤浸种处理的株高、叶龄及茎基宽与常温白种子比较差异不显著;除温汤浸种处理 8 min, 16 min, 18 min 外,其他不同浸种时间的根长均显著低于常温白种子;而地上干重除温汤浸种处理 8 min 外,均显著高于常温白种子和常温包衣消毒;充实度除温汤浸种处理 8 min 外,均显著高于常温白种子.

### 2.7 不同温汤浸种温度及时间对恶苗病的防治效果

由试验结果可见,经不同温度和不同时间浸种处理后水稻 3 叶期的恶苗病病株率均低于常温白种子;除 58 °C 浸种处理外,其他温度处理恶苗病均低于常温包衣消毒或与之相差不大.浸种温度高于 59 °C、浸种时间大于 10 min 的消毒效果均较好;浸种温度 59 °C、浸种时间 10 min 和浸种温度 60 °C、处理时间 10 min 及以上条件下,恶苗病防治效果达到 99.9% 以上(表 10).

表 10 不同温汤浸种温度及时间恶苗病发病情况比较

温度/°C	病株率/%	时间/min	病株率/%
58	1.00	8	1.00
59	0.25	10	0.00
60	0.00	12	0.00
61	0.25	14	0.25
62	0.00	16	0.25
63	0.25	18	0.00
常温白种子	4.38	常温白种子	4.38
常温包衣消毒	0.25	常温包衣消毒	0.25

## 3 结论与讨论

从本研究结果可以发现,温汤处理影响破胸率、发芽势和发芽率的临界温度、时间分别为 59 °C、10 min 和 60 °C、10 min;当温汤处理温度 63 °C、时间 10 min 和温度 60 °C、处理时间 18 min 对地下干重促进作用最大;“龙粳 31”白种子出苗率最高在 89% 左右,其次浸种温度 59 °C 时,出苗率达到 87% 左右,较包衣消毒种子高 7% 左右;温汤浸种温度在 60 °C, 61 °C 时出苗率均达到 70% 以上,与包衣消毒出苗率接近;“龙粳 31”浸种温度 60 °C, 浸种时间 18 min



秧苗素质较好. 其中, 处理温度 59 °C、时间 10 min 和温度 60 °C、处理时间 10 min 及以上条件下, 抑制恶苗病效果均可达到 99.9% 以上, 并且其消毒效果均优于包衣种子或与其防效相同, 但当处理温度超过 59 °C、处理时间超过 8 min 其破胸率将会下降. 因此, 在生产上对于“龙粳 31”可以选取温汤浸种温度 59 °C、浸种时间控制在 10 min 左右, 来提高对水稻恶苗病的防效.

段骅等<sup>[18]</sup>的研究表明, 高温会抑制水稻生长发育, 影响水稻生理代谢活动, 导致种子 GR、GP 等萌发指标降低. 莫旭等<sup>[19]</sup>的研究表明, 水稻种子的萌发对温度十分敏感, 不适宜的温度会降低发芽率、发芽势等萌发指标. 陈丽等<sup>[20]</sup>的研究表明, “宁粳”浸种温度达 30 °C 时, 随着浸种时间的延长种子发芽率下降明显. Kim 等<sup>[9]</sup>表示在普通水稻品种中, 在 60 °C 浸泡 10 min 以上的情况下, 萌发率显著下降. 这些结论与本研究结果类似, 本研究结果表明随着温度的升高, “龙粳 31”种子的破胸和发芽逐渐受到抑制. 浸种温度每升高 2 °C、浸种时间长 1 min 时对水稻萌发的影响研究较少, 本研究发现当浸种温度低于 60 °C 时种子的破胸和发芽均可以达到 80% 以上, 对上述结果进行了进一步补充.

杨松等<sup>[21]</sup>的研究表明, 高温可以加快稻谷营养物质的转化速度, 提高秧苗生长速度. 在水稻 2 叶期, 当温度为 25~60 °C 时, 随着温度的上升, 茎叶干物质积累的比例呈明显上升趋势, 而根系干物质积累的比例相对稳定. 本试验证实, 随着温汤浸种温度及时间的升高, “龙粳 31”出苗率逐渐降低. 随着温汤浸种温度的升高, 其秧苗素质逐渐增强, 其干物质积累量也随着温汤浸种温度的升高而呈现升高趋势, 其干物质积累量的变化则与上述试验所述不同, 所以还有待进一步研究. 邱月<sup>[22]</sup>的研究表明, 当水稻浸种温度为 10~32 °C 时, 发病率随温度升高而增加, 在 32 °C 时达到最高值. 金京德等<sup>[23]</sup>的研究表明温汤浸种温度、时间在 58 °C 孵育 15 min 和 60 °C 孵育 10 min 条件下, 对恶苗病的防治效果达到 99.8% 以上, 防治效果与药剂处理基本相同. 这些结论与本研究结果略有不同, 本研究发现在温度 59 °C、时间 10 min 时“龙粳 31”的破胸率、发芽势、发芽率都维持在 95% 以上, 而且其恶苗病的消毒效果较好. 由此可见, 温汤浸种适宜温度、时间也因品种而异, 对“龙粳 31”来说温汤温度 59 °C、时间 10 min 既可以保证对恶苗病的防治效果, 也可以保证破胸率、发芽势和发芽率, 但当温度升高时其破胸率、发芽势和发芽率将会有所下降, 不同品种之间的差异有待后续进一步研究.

#### 参考文献:

- [1] 张欣悦, 汪春, 李连豪, 等. 水稻植质钵育秧盘制备工艺及参数优化 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 153-162.
- [2] 彭亚琼, 郑华斌, 扈婷, 等. 垄作梯式栽培对水稻根系生长的影响 [J]. 作物研究, 2012, 26(S1): 14-17.
- [3] 储志英, 朱龙粉, 李志鹏, 等. 不同基质育秧和不同药剂种子处理对水稻秧苗期恶苗病的影响试验 [J]. 上海农业科技, 2021(1): 122-123.
- [4] 徐瑶. 水稻恶苗病菌对咪鲜胺敏感性分析与药剂防治研究 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学.
- [5] LEE S G, LEE Y H, KIM J S, et al. Diseases and Weeds Occurrence and Control in Organic and Conventional Rice Paddy Field [J]. Korean Journal of Organic Agriculture, 2005, 13(3): 291-300.
- [6] HYUN-KYU S, YONG-KI K, et al. Effect of Rice Seed Disinfection of Loess-Sulfur on the Suppression of Bakanae Disease Caused by Fusarium Fujikuroi [J]. Korean Journal of Organic Agriculture, 2017, 25(2): 345-355.
- [7] 王拱辰, 陈鸿逵, 徐沛生, 等. 水稻恶苗病病原菌的研究 [J]. 植物病理学报, 1990, 20(2): 93-97.
- [8] 余山红, 谢关林, 严成其. 水稻根围白叶枯病与细菌性条斑病生防细菌的筛选与鉴定 [J]. 浙江农业科学, 2022, 63(9): 2086-2089, 2143.

- [9] KIM M, SHIM C, LEE J, et al. Hot Water Treatment as Seed Disinfection Techniques for Organic and Eco-Friendly Environmental Agricultural Crop Cultivation [J]. *Agriculture*, 2022, 12(8): 1081.
- [10] KOCH E, ROBERTS S J. Non-Chemical Seed Treatment in the Control of Seed-Borne Pathogens [M]// *Global Perspectives on the Health of Seeds and Plant Propagation Material*. Dordrecht: Springer, 2014: 105-123.
- [11] NEGA E, ULRICH R, WERNE S, et al. Hot Water Treatment of Vegetable Seed—an Alternative Seed Treatment Method to Control Seed-borne Pathogens in Organic Farming[J]. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2003, 110(3), 220-234.
- [12] PERMANA H, MURATA K, KASHIWAGI M, et al. Screening of Japanese Rice Cultivars for Seeds with Heat Stress Tolerance under Hot Water Disinfection Method [J]. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2017, 16(4): 211-220.
- [13] 沈建辉, 曹卫星, 朱庆森, 等. 不同育秧方式对水稻机插秧苗素质的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2003, 26(3): 7-9.
- [14] 林育炯, 张均华, 胡继杰, 等. 不同类型基质对机插水稻秧苗生理特征及产量的影响 [J]. *农业工程学报*, 2016, 32(8): 18-26.
- [15] 张洪程, 胡雅杰, 杨建昌, 等. 中国特色水稻栽培学发展与展望 [J]. *中国农业科学*, 2021, 54(7): 1301-1321.
- [16] 万思宇, 王文玉, 张雪松, 等. 三大作物秸秆汽爆膨化对水稻种子萌发、幼苗生长及秧苗素质的影响 [J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2022, 34(5): 27-33.
- [17] 李应洪, 王海月, 吕腾飞, 等. 不同秧龄下机插方式与密度对杂交稻光合生产及产量的影响 [J]. *中国水稻科学*, 2017, 31(3): 265-277.
- [18] 段骅, 杨建昌. 高温对水稻的影响及其机制的研究进展 [J]. *中国水稻科学*, 2012, 26(4): 393-400.
- [19] 莫旭, 岳晓磊, 唐才宝, 等. 2, 4-二氯苯氧乙酸和温度对水稻种子萌发特性的影响[J/OL]. *分子植物育种*, 2023: 1-13. [2023-08-31]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.s.20220420.2103.026.html>.
- [20] 陈丽, 贺奇. 不同浸种温度和浸种时间对水稻种子发芽的影响 [J]. *宁夏农林科技*, 2017, 58(2): 1-2, 11.
- [21] 杨松, 贾一磊, 沈进松, 等. 高温催芽技术对水稻种子发芽及秧苗素质的影响 [J]. *大麦与谷类科学*, 2021, 38(3): 23-27.
- [22] 邱月. 黑龙江省水稻恶苗病发病条件及药剂防治技术研究 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学.
- [23] 金京德, 杨春刚, 张三元, 等. 水稻温汤处理对发芽率的影响及抑制苗期恶苗病和立枯病的研究 [J]. *中国稻米*, 2009, 15(1): 34-35.

责任编辑 苏荣艳