

## 摘 要

目前黑龙江省水稻种植采用工厂化高密度集中育秧模式，其种植环境有利于恶苗病病菌的侵染和传播。近年来主要利用包衣与药剂浸种对水稻恶苗病的发生进行防治，但这种方式会造成环境污染等问题，所以需要寻找安全、环保的物理防治方法来实现绿色有机种植的目标。本文采用温汤浸种方法处理水稻种子，以龙粳 31 和农丰 1702 为供试材料，设置不同浸种温度、浸种时间，常温包衣消毒和常温白种子共 14 个处理。研究温汤浸种对水稻恶苗病的防治效果以及水稻种子萌发、秧苗素质、出苗率和对产量、食味品质、营养品质的影响，为温汤浸种技术的推广、应用及农业可持续发展以及绿色有机稻的种植提供理论依据和技术支撑。主要研究结果如下：

(1) 温汤温度 59℃、60℃，处理时间 10 min 既可以保证品种破胸率、发芽势、发芽率、出苗率，又可以使根长、芽长、干重和鲜重较好。龙粳 31、农丰 1702 破胸率可以达到 90% 以上，较包衣消毒破胸率高出 1% 左右。发芽势、发芽率均可以达到 80% 以上。出苗率也高于包衣消毒，其出苗率能达到 70% 以上，比包衣高出 10%~20%。秧苗素质较包衣高 6%~8%。

(2) 当温度处理 59℃、60℃，处理时间 10 min 条件下，抑制恶苗病效果均可达到 99.9% 以上，并且其消毒效果优于包衣消毒。

(3) 温汤温度 59℃、60℃ 时，时间处理 8 min、10 min 时水稻产量高于包衣消毒及 CK。产量较包衣消毒能高出 3%~5%。

(4) 所有温度和时间处理与 CK 相比龙粳 31、农丰 1702 两品种的外观品质提升 30%~50%，与包衣消毒相比外观品质提升 5%~10%。随着温度的升高和时间的增长其总体降低了蛋白质、直链淀粉和水分的含量。蛋白质降低 0.1%~1%，直链淀粉降低了 5%~11%，水分降低了 5%~10%。所有温度和时间处理以及包衣消毒蛋白质、直链淀粉和水分含量一般都在 8%、16% 和 13%。但温度以及时间处理对品种的加工品质、营养以及食味品质影响与包衣消毒差异不大。

在生产上可以选取温汤浸种温度 59℃、60℃，温汤浸种时间控制在 10 min 来防治水稻恶苗病。

**关键词：**水稻，温汤浸种，水稻恶苗病，防治效果，产量品质



# 目 录

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 摘 要 .....                           | iii |
| Abstract .....                      | v   |
| 1 文献综述 .....                        | 1   |
| 1.1 国内外研究进展 .....                   | 1   |
| 1.1.1 水稻恶苗病的病症 .....                | 1   |
| 1.1.2 水稻恶苗病的发生危害 .....              | 1   |
| 1.1.3 水稻恶苗病化学防治的研究进展 .....          | 1   |
| 1.1.4 水稻恶苗病生物防治的研究进展 .....          | 2   |
| 1.1.5 温汤浸种技术国内外普及情况 .....           | 3   |
| 1.1.6 温汤浸种技术研究进展 .....              | 4   |
| 1.2 研究目的与意义 .....                   | 6   |
| 2 材料与方法 .....                       | 9   |
| 2.1 试验材料与地点 .....                   | 9   |
| 2.1.1 供试材料 .....                    | 9   |
| 2.1.2 试验地点 .....                    | 9   |
| 2.2. 试验方法 .....                     | 9   |
| 2.2.1 不同温汤浸种处理对水稻种子萌发和根芽生长的影响 ..... | 9   |
| 2.2.2 不同温汤浸种处理对水稻出苗和恶苗病的影响 .....    | 10  |
| 2.3 测定项目及方法 .....                   | 10  |
| 2.3.1 水稻种子萌发相关指标测定 .....            | 10  |
| 2.3.2 水稻秧苗素质的测定 .....               | 10  |
| 2.3.3 水稻恶苗病孢子致死温度的测定 .....          | 11  |
| 2.3.4 温汤浸种处理对水稻恶苗病防效测定 .....        | 11  |
| 2.3.5 水稻产量及其构成因素的测定 .....           | 11  |
| 2.3.6 水稻品质的测定 .....                 | 11  |
| 2.4 数据处理 .....                      | 12  |
| 3 结果与分析 .....                       | 13  |
| 3.1 不同浸种温度及时间对水稻萌发及苗期生长的影响 .....    | 13  |

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 3.1.1 浸种时间 10 min 不同浸种温度对水稻种子萌发的影响 .....      | 13 |
| 3.1.2 浸种温度 60℃不同浸种时间对水稻种子萌发的影响 .....          | 18 |
| 3.1.3 浸种时间 10 min 不同温汤浸种温度对水稻出苗率的影响 .....     | 23 |
| 3.1.4 浸种时间 10 min 不同温汤浸种温度对水稻秧苗素质的影响 .....    | 24 |
| 3.1.5 浸种温度 60℃不同温汤浸种时间对水稻出苗率的影响 .....         | 30 |
| 3.1.6 浸种温度 60℃不同温汤浸种时间对水稻秧苗素质的影响 .....        | 31 |
| 3.2 不同温度以及时间对恶苗病防治效果以及病菌萌发的影响 .....           | 37 |
| 3.2.1 不同温汤浸种温度及时间对水稻恶苗病病菌萌发的影响 .....          | 37 |
| 3.2.2 不同温汤浸种温度及时间对水稻恶苗病的防治效果 .....            | 37 |
| 3.3 不同温汤浸种温度及时间对水稻产量形成的影响 .....               | 39 |
| 3.3.1 浸种时间 10 min 不同温汤浸种温度对水稻产量构成因素的影响 .....  | 39 |
| 3.3.2 浸种温度 60℃不同温汤浸种时间对水稻产量构成因素的影响 .....      | 42 |
| 3.3.3 浸种时间 10 min 不同温汤浸种温度对水稻穗部性状的影响 .....    | 45 |
| 3.3.4 浸种温度 60℃不同温汤浸种时间对水稻穗部性状的影响 .....        | 48 |
| 3.4 不同温汤浸种温度及时间对水稻品质的影响 .....                 | 51 |
| 3.4.1 浸种时间 10 min 不同温汤浸种温度对水稻加工和外观品质的影响 ..... | 51 |
| 3.4.2 浸种温度 60℃不同温汤浸种时间对水稻加工和外观品质的影响 .....     | 54 |
| 3.4.3 浸种时间 10 min 不同温汤浸种温度对水稻营养和食味品质的影响 ..... | 57 |
| 3.4.4 浸种温度 60℃不同温汤浸种时间对水稻营养和食味品质的影响 .....     | 59 |
| 4 讨论 .....                                    | 63 |
| 4.1 温汤浸种技术对恶苗病防治的效果 .....                     | 63 |
| 4.1.1 不同温汤浸种温度及时间对水稻种子萌发的影响 .....             | 63 |
| 4.1.2 不同温汤浸种温度及时间对水稻秧苗素质及水稻恶苗病的防治效果的影响 .....  | 63 |
| 4.2 温汤浸种技术对恶苗病孢子萌发的影响 .....                   | 64 |
| 4.3 温汤浸种对水稻产量、品质的影响 .....                     | 64 |
| 5 结论 .....                                    | 67 |
| 参考文献 .....                                    | 69 |
| 致谢 .....                                      | 79 |
| 个人简历 .....                                    | 81 |

## Abstract

At present, rice planting in Heilongjiang province adopts the factory high-density centralized seedling raising mode, and its planting environment is conducive to the infection and spread of bakanae disease. In recent years, rice bakanae disease has been mainly controlled by coating and seed soaking with chemicals, but this method will cause environmental pollution and other problems, so it is necessary to find safe and environmentally friendly physical control methods to achieve the goal of green organic planting. In this paper, rice seeds were soaked in hot water. Longjing 31 and Nongfeng 1702 were used as test materials, and 14 treatments were set with different soaking temperatures, soaking time, coating disinfection at room temperature and white seeds at room temperature. The prevention and control effects of soaking seeds in hot water on rice bakanae disease, and the effects of rice seed germination, seedling quality, emergence rate and its yield, eating quality and nutritional quality were studied, which provided theoretical basis and technical support for the popularization and application of soaking seeds in hot water, the sustainable development of agriculture and the planting of green organic rice. The main results are as follows:

(1) The temperature of hot water is 59℃ and 60℃, and the treatment time is 10 min, which can not only ensure the breast-breaking rate, germination potential, germination rate and emergence rate of varieties, but also make the root length, bud length, dry weight and fresh weight better. The breast-breaking rate of Longjing 31 and Nongfeng 1702 can reach more than 90%, which is about 1% higher than that of coating disinfection. Germination potential and germination rate can reach above 80%. The emergence rate is also higher than that of coating disinfection, and its emergence rate can reach more than 70%, which is 10% ~ 20% higher than that of coating. The quality of seedlings is 6% ~ 8% higher than that of coating.

(2) When the temperature is 59℃, 60℃ and the treatment time is 10 min, the effect of inhibiting bakanae disease can reach above 99.9%, and its disinfection effect is better than that of coating disinfection.

(3) The temperature of hot water is 59℃ and 60℃, the rice yield is higher than that of coating disinfection and CK when the time is 8 min and 10 min. The yield is 3% ~ 5% higher than that of coating disinfection.

(4) Compared with CK, the appearance quality of Longjing31 and Nongfeng 1702 improved by 30% ~ 50% at all temperatures and time, and by 5% ~ 10% compared with coating disinfection. With the increase of temperature and time, the content of protein, amylose and water decreased. Protein decreased by 0.1% ~ 1%, amylose decreased by 5% ~ 11%, and moisture decreased by 5% ~ 10%. The contents of protein, amylose and moisture in all treatments at different temperature and time and in coating disinfection are generally 8%, 16% and 13%. However, the effects of temperature and time treatment on the processing quality, nutrition and eating quality of varieties are not much different from those of coating disinfection.

In production, we can choose the soaking temperature of hot water at 59℃ and 60℃, and the soaking time of hot water at 10 min to control rice bakanae disease.

**Key words:** rice, soaking seeds in hot water, rice bakanae disease, control effect, yield and quality

# 1 文献综述

## 1.1 国内外研究进展

### 1.1.1 水稻恶苗病的病症

水稻恶苗病主要是由藤仓镰孢菌侵染水稻胚芽而引发的真菌病害。在整个水稻生长期均可发病<sup>[1,2]</sup>，被感染的水稻种子发芽率显著低于正常种子甚至不能发芽。常见特征为徒长，但也有矮化甚至外观正常的植株<sup>[3,4]</sup>。苗期发病时，种子带菌是主因<sup>[5]</sup>。秧苗 2~4 叶期的发病症状如发病植株比健康植株细高并弱，叶色发黄，根系发育异常，移栽前可能会死亡<sup>[6]</sup>。死苗产生的白色或淡粉色霉层即为病原菌的分生孢子和分生孢子梗<sup>[3]</sup>。若在本田期发病，一般在 10 d~30 d 后病株开始表现症状。普遍表现为节点之间显著延伸，分蘖能力变弱以至于几乎不分蘖，节部向外弯曲露出叶鞘，较低的枝节分支是逆生的<sup>[7,8]</sup>。叶鞘剥离，茎上存在深棕色条纹，白色菌丝干，然后植物逐渐衰老和死亡。若发病期间遭遇连绵阴雨，死亡植株表面会产生黑色的病菌子囊壳<sup>[9,10]</sup>。在抽穗期，谷粒也受到影响。轻者基部和尖部是褐色；重者谷粒变成棕色，不能产生果实或产生白色或淡粉色霉层<sup>[11]</sup>。

### 1.1.2 水稻恶苗病的发生危害

由藤仓赤霉复合种引起的水稻恶苗病是危害严重的水稻种传病害之一。恶苗病在全世界水稻种植区域均有发生，产量损失达 58%，藤仓赤霉复合种菌株还会产生伏马毒素和串珠镰刀菌素等有毒代谢产物从而带来食品安全问题<sup>[12]</sup>。

近年来，陈光飞等<sup>[13-18]</sup>发现，浙江省因为恶苗病导致水稻减产的事件频繁发生。1998 年浙江省永嘉县恶苗病大面积发生约 10 万亩，占早稻面积的 50%以上，每亩减产 7%~15%。2009 年石建饶等<sup>[19]</sup>发现，浙江余姚早稻秧田发生较严重的恶苗病，主要集中在水稻种植大户机插秧盘育秧苗上，严重田块发病率在 30%以上。2011 年，季芝娟等<sup>[20-22]</sup>调查发现，浙江黄岩地区发生较大面积单季稻秧田水稻恶苗病，发病秧田面积约 100 亩，涉及供秧面积约 1500 亩。

### 1.1.3 水稻恶苗病化学防治的研究进展

水稻种传恶苗病，其防治方法单一，药剂浸种或拌种是持续防治种传病害的有效方法<sup>[23]</sup>。在水稻生产上，用咪鲜胺及其复配剂浸种防治种传病害已有多多年，相关病菌已对

这一药剂配方产生了明显的抗药性，导致防效下降<sup>[24]</sup>。由于 2011~2012 年水稻恶苗病呈现普遍重发生的现象，2013 年对市场上的水稻种子处理剂进行了全面更新，其中以 25% 氰烯菌酯 SC 防治恶苗病为主。试验结果表明，种子处理的安全性不仅与药剂相关还与种子质量有关，在水稻种子自身质量不佳的情况下，药剂对种子发芽率的影响风险加大<sup>[25]</sup>。前人研究可以分别用 17% 杀螟·乙蒜素可湿性粉剂、20% 氰烯·杀螟丹可湿性粉剂、25% 氰烯菌酯悬浮剂、12% 氟啶·戊·杀螟可分散粉剂按稻种与药液混合比例为 1:1.5 浸种防治水稻恶苗病，均具有较好防效<sup>[26]</sup>。

邱月在药效试验中，20% 氟唑菌酰胺悬浮种衣剂、11% 氟环菌苯胺·咯菌腈·精甲霜灵悬浮种衣剂表现优秀，防病效果分别为 97.51%、95.51%，显著高于除 25% 氰烯菌酯悬浮剂以外的其他药剂，在水稻恶苗病的田间防治中具有良好的应用前景<sup>[27]</sup>。25% 氰烯菌酯悬浮剂、0.25% 咯菌腈悬浮种衣剂也有一定的防治效果，但有研究表明，水稻恶苗病病菌对这两种药剂有一定的抗性风险，因此防治时应与不同作用机制的药剂合理复配或轮流使用，以延缓抗药性发展。80% 乙蒜素乳油防效达 83.37%，并且使用成本较低，可作为备选药剂<sup>[28]</sup>。

李鹏田间药效试验研究结果表明，0.8% 精甲霜灵·戊唑醇种子处理乳剂和 25% 氰烯菌酯悬浮剂对恶苗病防治效果最好，且 0.8% 精甲霜灵·戊唑醇种子处理乳剂对水稻增产明显，11% 多菌灵·福美双·咪鲜胺悬浮种衣剂、0.25% 戊唑醇悬浮种衣剂等对恶苗病也有很好的防治效果<sup>[29]</sup>。

综上所述，虽然不同种衣剂对恶苗病的防治效果有明显差异，但是对于水稻恶苗病都有良好的防治效果。但是还有许多对恶苗病防治效果好的药剂成分需要我们进一步探索<sup>[30,31]</sup>。

#### 1.1.4 水稻恶苗病生物防治的研究进展

目前，生物防治由于良好的环境相容性，所以就逐渐进入到大家的视野，成为控制植物病害的一种有效方法<sup>[32]</sup>。生物防治主要通过筛选对病原菌具有拮抗作用的微生物细菌并加以利用来实现抑制病原菌生长繁殖的目的<sup>[33]</sup>。陈志谊等通过筛选，得到 4 株拮抗效果优良的微生物细菌，能够明显降低发病率<sup>[34]</sup>；陆凡等发现 5 种拮抗细菌均对恶苗病有很好的防效，高达 84.6%~95.5%<sup>[35]</sup>；田洁萍等实验发现解淀粉芽胞杆菌 TF28 的发酵液对恶苗病的田间防效高达 87%<sup>[36]</sup>；赵贞丽等发现抑制恶苗病效果较好的 1 株拮抗菌 SG06，抑菌率高达 87.57%，经初步鉴定其为芽胞杆菌属 (*Bacillus*. sp)<sup>[37]</sup>；产祝龙使用

木霉无细胞滤液进行水稻恶苗病的温室实验，结果表明木霉无细胞滤液及其孢子悬浮液可以很好地防治水稻恶苗病<sup>[38]</sup>。随着科技的发展和生物防治技术日益成熟，生物防治在水稻病害中的应用普遍受到重视，并不断有新的突破<sup>[39]</sup>。

### 1.1.5 温汤浸种技术国内外普及情况

#### 1.1.5.1 温汤浸种技术国外普及情况

温汤浸种技术它产生于 19 世纪末的丹麦，是一项简便、实用、高效的种子处理技术，利用较高的水温杀死种子携带的病原菌，但不伤害种子的萌发能力，可以有效预防种传病害。在化学合成农药尚未广泛应用之前，此项技术在欧美各国农作物病害防治中发挥过重要作用。在日本 20 世纪 90 年代，随着人们对环境保护型农业以及食品安全的关注，各地开始正式测试处理条件（处理温度、时间等），根据科学数据设定了“60℃ 10min”的处理条件<sup>[40]</sup>。用了 8 年，日本成功开发出可精密控制温度的大型恒温水槽（200 L），可对大量种子进行消毒，并以此为契机开始在一般农家和务农集团中普及。在日本宫城县从 2002 年开始呼吁工会成员对种子进行温汤消毒，2004 年左右，JA 等大型工厂开始生产更大型的装置，温汤消毒种子的供应体制正在确立<sup>[41]</sup>。2004 年绿野也设置了小型温汤消毒机等，从很早的阶段开始就将温汤消毒作为环境保全型农业推进的一环进行引导。2005 年，在仙台设置了大规模设施，在绿野和栗古，种子全部换成温汤消毒，在古川的 12 个辖区内开始实施温汤消毒<sup>[42]</sup>。2008 年，温汤消毒技术在日本正式迎来普及期，但那时还没有尝试在全国范围内有组织地了解其普及情况。2008 年 2 月，日本的 47 个都道府县开始实施温汤消毒种子播种面积及普及率（温汤消毒种子播种面积与水稻播种面积的比例）改革<sup>[43]</sup>。其中包括水稻播种面积最多的新潟县（22%），其次是普及率只有百分之几只对农家普及的 21 个县。目前，日本的温汤技术已经普及全国。在美国 OMRI（2010 指出）确保有机种子的健康包括各种处理方法，如热水、生物(微生物)和植物提取物，以及漂白/消毒。这种处理可以通过去除种子中的病原体来改善种子和幼苗的健康。OMRI（2010）指出，大多数种子保护剂不是有机种植者的选择，但有机农民可以使用种子处理，如启动、球团、热水处理和符合 nop 的保护剂，以提高种子性能<sup>[44-46]</sup>。

#### 1.1.5.2 温汤浸种技术国内普及情况

20 世纪初，温汤浸种技术被引入我国，经我国植物病理学前辈们努力改进、优化、推广，使之更适合我国国情，成为民国时期至中华人民共和国成立初期农作物栽培中最重要的病害防治技术之一，特别是在麦作和棉作病害防治中的作用最为突出；1948 年春

季，山西长治农场派出许多推广队分赴各地，推广队走村串户传授温汤浸种技术。据 1948 年对山西黎城、潞城、长治、陵川、襄垣、左权 6 个县 10 个基点的统计，用温汤浸种播种稻谷 4796 亩等。另外，“三开一凉”法成功地用于棉籽防病，催芽处理则是温汤浸种及时推广和改进成熟的标志。到 1949 年，温汤浸种技术还采取“三沸夹”和“一凉对一沸”的简便处理办法，群众反映，浸种既除霉又能早出苗。这一技术对当时农作物防治病虫害起到了重大作用。所以每年到播种季节，农场都要派出技术人员下乡，帮助群众播种<sup>[47]</sup>。2023 年随着耕地保护、国家环保和农业绿色生产要求，温汤浸种技术又再次被进一步使用，而人们也就此对温汤浸种进行进一步探究<sup>[48]</sup>。黑龙江北大荒农业股份有限公司七星分公司 2022 年引进温汤浸种设备，2023 年采用温汤浸种水稻应用面积达 1200 亩以上。2022 年 4 月在黑龙江省鸭绿河农场有限公司浸种催芽基地，使用连体式种子温汤消毒设备进行浸种工作。近年来黑龙江省北大荒集团的其他农场如，鸭绿河，洪河农场等都进行了温汤浸种试验。通过温汤浸种，不但根系壮、出芽早、返青快，而且更加环保，有效地避免了种子包衣对本田造成的水污染。既节约了种衣剂的投入，又降低了对土壤及水源的破坏程度，真正实现了水稻高产和生产环境保护的双重目标<sup>[49]</sup>。

#### 1.1.6 温汤浸种技术研究进展

不健康的种子会降低种子质量，严重时危害作物生产和种子安全，阻碍国际贸易<sup>[50,51]</sup>。种子传播各种植物病原，如细菌、真菌和病毒，种子不仅决定产量，还决定对疾病、害虫和各种环境干扰的抵抗程度。因此，种子处理是预防种子传播疾病的有效手段<sup>[52]</sup>。种植没有种子传播疾病的种子可以防止病原体进入农业环境，并防止它们转移到土壤和水中<sup>[53]</sup>。所以，对水稻种子进行播前消毒是防止种子病原菌感染的一个重要而不可缺少的过程<sup>[54,55]</sup>。

确保种子的健康包括一系列的处理，包括温汤浸种，生物（微生物）和植物提取物，漂白和消毒。这种处理可以通过清除种子传播的病原菌和防止土壤中病原菌的侵袭来提高种子的发芽性能<sup>[56,57]</sup>。研究表明物理方法或温汤浸种处理是基于对病原菌的致死温度而杀死种子表面及内部病原微生物的原理来防止感染的，这是降低种子传播病毒水平的最古老的方法之一<sup>[58]</sup>。试验发现，相比于其他处理方法，热水和干热处理均能有效地消灭病毒，但是，温汤浸种操作过程中水温不容易控制，很容易造成出芽率降低。周玉忠研究在 65℃的热水中加热 25 min 的温汤浸种也显示出良好的消毒效果，除对番茄花叶烟草花叶病毒（ToMV），番茄和辣椒中的烟草花叶病毒（TMV）的消毒效果不佳，对其

他病毒的消毒效果都很好<sup>[59]</sup>。

不过随着技术的发展, 现在使用温汤浸种处理方式来根除种子病害, 特别是那些由植物病原菌引起的病害已经很成熟。这种技术适用于卷心菜、胡萝卜、西红柿和辣椒, 在某种程度上也适用于芹菜、生菜和菠菜<sup>[60]</sup>。温度和时间的准确性很重要, 因为种子的胚胎可能在温汤浸种中死亡或在冷水中恢复不完全休眠。因此, 活力高的新鲜种子应该用温汤浸种处理, 因为较老或活力低的种子可能对温汤浸种处理的压力反应不佳, 并且活力可能会降低。此外, 建议在一个季节内使用温汤浸种处理过的种子, 因为它会降低种子的活力<sup>[61]</sup>。

温汤浸种消毒使用蒸汽、微波、紫外线或低温等离子以及冷水浸泡的生态友好型种子消毒技术已经发展起来, 但总体而言, 冷水浸泡技术的应用更为广泛。目标作物包括水稻、小麦、燕麦、大麦和高粱。每种作物的处理温度略有不同, 但消毒一般在 51℃~55℃进行 7 min~20 min。不过对大规模种子进行消毒, 一般使用高温 (60℃~65℃) 蒸汽消毒技术<sup>[62]</sup>。

一种减少稻瘟病菌引起稻瘟病的方法是将稻瘟病菌浸泡在冷水中 6 h, 然后再浸泡在 50℃的热水中 2 min。而被稻米蠕虫病菌污染的种子需被浸泡在 51℃的热水中 7 min<sup>[63]</sup>。众所周知, 水稻恶苗病受感染的种子将会成为该病的持续传播源。如果不进行处理将会对水稻产量有影响。所以各种水稻种子消毒技术已经逐步被开发出来, 将来很可能在农场上使用<sup>[64]</sup>。

近年来, 由于气温异常和种植栽培面积的扩大, 真菌病、白叶枯病等种传病害的发生呈现一个上升趋势。因此, 温汤浸种和有机农资-硫磺、铜、植物油、植物提取物, 或波尔多液等种子消毒技术在韩国得到开发和有效使用。农场采用的典型种子消毒技术是温汤浸种, 降低病原体的发生, 提高发芽率<sup>[65]</sup>。

温汤浸种消毒法作为一种生态环保的种子消毒法, 正在被逐渐开发出来应用。然而, 有些品种的水稻发芽率较低, 取决于浸泡条件。其处理方法是将干种子浸泡在 60℃的温汤浸种中 10 min 灭菌, 然后立即取出, 在冷水中冷却 30 min。在 30℃下处理 24 h 后播种水稻种子。这种处理也被证明对水稻疫病有抑制作用<sup>[66]</sup>。各品种对温汤浸种处理的反应也有类似的趋势。

彩米品种使用温汤浸种消毒, 彩米对浸泡的温度和时间比较敏感。有报道称, 彩色水稻品种往往比其他水稻品种需要更长的发芽浸泡时间。在与其他普通水稻相似条件下, 进行种子发芽消毒试验, 在 30℃ 48 h 后, 观察到不同品种的幼苗发芽率较低。彩色

水稻品种中，健康红米、红珍珠经高温消毒杀菌后可立即播种。但多数品种种子消毒后需要一个安全播种期。

水稻白叶枯病是一种发生在水稻籽粒和叶鞘中的种子传播病害。水稻植株感染白叶枯病后，胚芽会生长停止等。试验用冷水浸泡 4 h，再用 50℃~65℃的温汤浸种 5 min，对感染白叶枯病的水稻种子进行杀菌试验处理后播种，发芽率维持在 78.3%以上，可减少白叶枯病的发生<sup>[67,68]</sup>。温汤浸种消毒是一种简单有效的种子消毒技术，不需要使用化学药品<sup>[69]</sup>。温汤浸种处理条件并不总是足以消灭某些病原菌而且较高的温度抑制了几个水稻品种的发芽率，尤其是籼稻类型<sup>[39]</sup>。与籼稻品种相比，粳稻品种的种子表现出更强的耐热性。例如，日本栽培品种 *Hitomebore* 种子在 67.5℃的温汤浸种处理 10 min 时，发芽率可达 90%以上<sup>[70]</sup>。

温汤浸种处理对水稻种子的消毒效果不同，对种子消毒技术提出了更高的要求<sup>[71]</sup>。因此，有必要开发温汤浸种种子消毒技术，杀菌的同时促进国内外谷类作物稳定发芽，提高播种率，实现生态友好生产<sup>[72,73]</sup>。

温汤浸种消毒是治疗植物病原细菌、病毒和真菌的最佳选择之一，它适用于水稻、荞麦、小麦、谷子、燕麦、大麦和高粱。热水消毒技术作为一种清洁、简单、低成本的消毒技术，可以推广到农药使用率较高的发展中国家<sup>[74]</sup>。如韩国农民普遍采用黄土硫磺对水稻种子进行消毒，所以此项技术也可以向其农民推广。我国越来越重视环境友好型农业的可持续技术。因此寻找农药替代技术，以提高种子质量，促进生态友好型社会具有重要作用<sup>[75]</sup>。

## 1.2 研究目的与意义

水稻 (*Oryza sativa* L.) 是世界上主要的粮食作物<sup>[76]</sup>，也是人们主要的食物来源。水稻恶苗病又称徒长病，属于世界性水稻种传病害，主要通过种子带菌传播，也可通过土壤、带病植株等传播<sup>[77-80]</sup>。同时，恶苗病病菌产生的有毒代谢物质还会带来严重的食品安全问题<sup>[81,82]</sup>。被誉为“中华大粮仓”的黑龙江省是我国最大的粳稻生产基地<sup>[83]</sup>，随着黑龙江省粳稻面积的不断扩大，而且由于水稻工厂化高密度硬盘集中育秧，从水稻播种到种子萌发，其温度和种植密度均极有利于恶苗病病菌的侵染和传播，近年来虽然通过药剂浸种对水稻恶苗病的发生有一定的控制作用，但易感病品种发病也是时有发生一旦其感病，秧苗最后会通过机械操作和收获过程进行传播<sup>[84,85]</sup>。作为主栽品种的龙粳 31 和农丰 1702 一旦发生恶苗病，会对黑龙江水稻产量造成极大损失。但是，目前水稻恶苗病的防

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/938024111055007036>