

# 稻种资源苗期田间抗旱性鉴定技术规程

刘 伟<sup>1,2</sup>, 张亚格<sup>1,3</sup>, 魏昭然<sup>1,2</sup>, 周畋波<sup>1</sup>, 张洪亮<sup>1,2</sup>, 孙兴明<sup>1</sup>, 王效宁<sup>3</sup>, 李自超<sup>1,2,3</sup>

(<sup>1</sup>中国农业大学农学院, 北京 100193; <sup>2</sup>中国农业大学三亚研究院, 海南三亚 572025; <sup>3</sup>海南省农业科学院三亚研究院, 三亚 572025)

**摘要:** 作物田间抗旱性是一个复杂的数量性状, 准确的表型鉴定是数量性状基因发掘和遗传基础研究的关键。而稻种资源田间抗旱性表型的准确鉴定一直是该领域的卡脖子难点, 也是抗旱育种工作者所关注的核心技术步骤。本文在前期系统的抗旱性研究基础上, 通过多年对田间抗旱性鉴定体系的探索优化, 总结制定了包括一般要求、整地、各种、播种、施肥、水分管理、病虫害防治、苗期群体抗旱性调查与评价等全过程的操作规范和基本要求, 为作物种质资源苗期田间抗旱性鉴定提供技术参考。该技术规程适用于海南省三亚市每年冬季(11月中旬-次年4月上旬)的苗期田间抗旱性鉴定。

**关键词:** 稻种资源; 苗期; 田间抗旱性; 鉴定

## Standard Technical Regulations for Evaluating Drought Resistance of Rice Germplasm in the Field at Seedling Stage

LIU Wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Yage<sup>1,3</sup>, WEI Zhaoran<sup>1,2</sup>, ZHOU Tianbo<sup>1</sup>, ZHANG Hongliang<sup>1,2</sup>,  
SUN Xingming<sup>1</sup>, WANG Xiaoning<sup>3</sup>, LI Zichao<sup>1,2,3</sup>

(<sup>1</sup>College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193; <sup>2</sup>Sanya Institute of China Agricultural University, Sanya 572025, Hainan; <sup>3</sup>Sanya Institute, Hainan Academy of Agricultural Sciences, Sanya 572025)

**Abstract:** Drought resistance in the field is a complex quantitative trait. Accurate phenotypic identification is critical to discover the genes and explore genetic basis for quantitative trait. However, the accurate identification of drought resistance for rice germplasm in the field has consistently been a bottleneck for researcher and a core technical for drought resistance breeders. On the basis of systematic drought resistance research in the previous work, we also have spent many years exploring and optimizing the conditions for assessing drought resistance in the field. The standard technical regulations for evaluating drought resistance in the field were summarized and normalized. It included general requirements, land preparation before sowing, seed preparation, sowing, fertilization, water management, prevention of diseases, pests and weeds, and evaluation of drought resistance in the field at seedling stage. The regulations provided technical reference for identification of drought resistance in the field at seedling stage in rice or other crops. It was suitable for the resistance evaluation of rice to drought during the winter in Sanya of Hainan province (from mid-November to early April of the next year).

**Key words:** rice germplasm; seedling stage; drought resistance in the field; identification

收稿日期: 2024-08-16 网络出版日期: 2024-10-15

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240816006>

第一作者研究方向为作物遗传育种, E-mail: liuwei\_202101@163.com

通信作者: 李自超, 研究方向为稻种资源与基因组学, E-mail: lizichao@cau.edu.cn

王效宁, 研究方向为作物遗传育种, E-mail: wxning2599@163.com

孙兴明, 研究方向为稻种资源与基因组学, E-mail: sunxm@cau.edu.cn

**基金项目:** 三亚崖州湾科技城科技专项资助(SCKJ-JYRC-2022-02); 海南省种业实验室与中国种子集团有限公司联合项目(B23YQ1517, B23CQ15HP); 海南省农业科学院引进人才科研启动费项目(HAAS2023RCQD15); 海南省博士后研究项目(313570); 海南省科技人才创新项目(KJRC2023B23); 三亚市科技创新专项项目(2022KJCX10)

**Foundation projects:** Project of Sanya Yazhou Bay Science and Technology City (SCKJ-JYRC-2022-02); Project of Hainan Seed Industry Laboratory and China National Seed Group (B23YQ1517, B23CQ15HP); Introduce Talents Research Startup Foundation of Hainan Academy of Agricultural Sciences (HAAS2023RCQD15); Postdoctoral Research Project in Hainan Province (313570); Project of Sci-tech Talents Innovation in Hainan Province (KJRC2023B23); Science and Technology Innovation Project in Sanya (2022KJCX10)

据统计分析,从1990至2050年,世界人口将由50亿增长至90多亿,粮食需求增加70%,而淡水资源将降低50%,因此,为保障全球粮食需求迫切需要高产节水作物<sup>[1]</sup>。水稻(*Oryza sativa*. L)是世界第二大粮食作物,也是我国60%以上人口的主粮,但水稻生产用水占农业总用水量的50%左右<sup>[2]</sup>,在水资源贫乏的环境下,我国及世界水稻的绿色可持续发展面临严峻考验。值得注意的是其他国家及我国许多地方水稻生产仍存在雨养田、灌溉不及时、水利设施不完备等情况,干旱已经成为导致粮食减产的重要灾害。因此,开展规模化的稻种资源抗旱性鉴定及遗传研究,进一步筛选抗旱种质及培育抗旱品种,对于我国乃至世界粮食安全都具有十分重要的现实意义。

抗旱性是复杂的性状,受到环境和多种生理生化及外观形态的影响。作物的抗旱改良需要大量的具有遗传多样性的种质提供不同的抗旱性状优异自然变异。多年来,无论是对抗旱种质的筛选还是抗旱遗传机制的研究,国内外学者对稻种资源的抗旱性鉴定方法做了大量工作,提出了许多抗旱性鉴定策略,主要有人工环境鉴定法<sup>[3-7]</sup>、实验室间接鉴定法<sup>[8-10]</sup>和自然环境鉴定法<sup>[11-13]</sup>。人工环境鉴定法和实验室间接鉴定法均是在人工控制条件下进行干旱胁迫或模拟干旱胁迫。其重复性较好,但需要建设必要设备,尽管现今许多大型表型组学平台的建设使鉴定规模及效率得以提高<sup>[14-15]</sup>,但仍然是人工干预的小环境实验,无法真实反映大田复杂环境。自然环境鉴定法是将鉴定材料种植于田间,在自然环境条件下通过水分管理控制土壤水分,创造干旱胁迫环境,以植株所发生的形态变化等评价其抗旱性。该方法受自然环境的制约程度较大,实验地点年际间降水量等气候变幅较大会导致每年鉴定结果重复性不佳,需进行多年鉴定才能对材料的抗旱性进行准确评价,但此法简便易行,与实际生产相符,是目前筛选抗旱性种质资源的主要方式。另外,本团队通过多年冬季在海南省三亚市南滨农场开展稻种资源苗期田间抗旱性鉴定评价,发现鉴定结果稳定,提出了在较稳定的干旱气候条件下使用自然环境鉴定法进行抗旱性鉴定评价,可为抗旱性状相关基因发掘及基因表达分析等提供较为准确的田间表型数据,是种质资源或群体材料大规模抗旱鉴定的较理想方式,也是抗旱遗传研究中证实抗旱基因具有育种利用价值最令人信服的技术手段。

三亚市位于我国海南省最南端,属于典型的热

带季风海洋性气候。自然降雨集中于每年5月至10月的雨季,降雨量占全年的90%,每年的11月至次年4月为旱季,降水少。因而这样的季节性降水特点及稳定的冬季干旱气候条件使得海南三亚成为农作物田间抗旱鉴定的理想基地。

对于水稻苗期的抗旱性鉴定指标,叶卷、叶枯、复水存活率一直被认为是较理想的评价指标<sup>[7,11,13,16]</sup>,植株相对生物量、相对生长速度、叶片含水量等也被作为抗旱性鉴定指标进行相关研究<sup>[6,7,13-14,17]</sup>。水稻抗旱机制复杂,不同材料通过不同途径改变不同性状以响应干旱环境,因而需要利用综合评价指标对遗传多样性材料进行抗旱性评价<sup>[11]</sup>。本团队在前期开展稻种资源抗旱性研究的基础上<sup>[16,18-19]</sup>,通过多年比较测试,不断优化稻种资源田间抗旱性鉴定体系。最终提出利用海南三亚冬季稳定的干旱气候条件,确定田间抗旱性鉴定的操作要点,研究制定“稻种资源苗期田间抗旱性鉴定技术规程”,为规范开展稻种资源抗旱性鉴定评价提供参考,为加快抗旱育种进程提供技术支撑。

## 1 范围

该规程规定了稻种资源苗期田间抗旱性鉴定技术规范,规范了包括播前整地、备种、播种、施肥、水分管理、病虫害防治、苗期群体抗性调查与评价等全过程的操作规范和基本要求,本技术适用于海南三亚旱季(冬季)稻种资源苗期抗旱性大田鉴定与评价。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于该规程的应用是必不可少的。凡是不标注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于该规程。

- GB 4404.1 粮食作物种子第1部分:禾谷类
- GB 8246 水稻二化螟防治标准
- GB/T 8321 农药合理使用准则
- NY/T 496 肥料合理使用准则 通则
- NY/T 2156 水稻主要病害防治技术规程

## 3 一般要求

### 3.1 鉴定地点和土壤条件

鉴定地点为海南省三亚市,鉴定田块土壤为沙壤土,避免使用含盐碱的田地,并具有用于喷灌条件的清洁水源。

### 3.2 鉴定时间

鉴定时间为三亚冬旱季节,周期为3~4个月,每

年的11月中旬至次年的3月上旬,平均温度约为22℃,平均湿度约为74%。

### 3.3 其他

因地制宜采取有效措施防止鸟、鼠、禽、畜等对鉴定过程的危害,以保证鉴定结果的安全有效。

## 4 整地

### 4.1 翻地

深翻15~20 cm,使用旋耕机,保证土壤松散,避免出现较大土块等。

### 4.2 整地

采用地势平坦的地块,利用平田机械进行平地,以采用激光平地技术为宜,小范围可人工辅助平地,避免同一田块局部出现较大高度差。

## 5 种子准备

材料的种子质量应符合GB4404.1规定的大田用种标准。播种前选择晴天将种子平摊于干燥平整的地面晾晒2~3 d。

## 6 播种

采取干种子直接单粒点播的方式单行种植,行长80 cm,行距20 cm,每份材料随机分布种植2~3个重复。利用农具开沟,深度2 cm,种子间距2 cm,播后用土覆盖。为评估地块水分条件的均一性,每隔80份材料分别种植抗旱对照材料IRAT109和敏旱对照材料越富。

## 7 施肥

施氮(N)150~180 kg/hm<sup>2</sup>、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)60~75 kg/hm<sup>2</sup>、钾(K<sub>2</sub>O)75~90 kg/hm<sup>2</sup>。整地前施基肥(占总量的80%),出苗浇水前追肥(占总量的20%)。

## 8 水分管理

### 8.1 播后浇水

为保证地块水分均一性,利用(直径4 cm)农用

喷带进行喷灌(约40 min),使得人站立于土壤上,土壤凹陷,待喷洒结束24 h后,地表5 cm土层的土壤含水量需达50%左右。

### 8.2 出苗浇水

大部分材料第一真叶顶盖后(2周),为保证幼苗顶土成苗,再进行一次喷灌,水量约为播后用水三分之一,待喷洒结束24 h后,地表5 cm土层的土壤含水量需达30%左右,之后不再浇水。

## 9 病虫草害防治

### 9.1 病害

防治水稻病害依据NY/T2156的规定。

### 9.2 虫害

防治二化螟依据GB8246的规定。

### 9.3 草害

播种喷灌后2~3 d,待水落干,土壤表面湿润,每667 m<sup>2</sup>用60%丁草胺和25%西草净各100~125 mL等比例混合,兑水50 kg均匀喷雾进行封闭。如后期存在杂草,可人工进行清除。

## 10 苗期群体抗性调查与评价

出苗用水约一周后,土壤水分将降低至20%以下,在严重干旱胁迫下,植株生长约45 d,可观测记录水稻幼苗植株情况,开展水稻苗期群体抗旱性调查,初步掌握田间群体整体抗旱性表现。以植株生长势、叶片枯萎度及叶卷度作为水稻抗旱性田间鉴定辅助指标建立田间不同抗旱性表现标准(表1)。植株胁迫生长约55 d,当敏旱的对照品种越富开始表现出萎蔫枯死,田间抗、敏旱材料差异明显时,依据田间不同抗旱性表现标准调查鉴定各稻种资源材料,评定不同材料的苗期抗旱级别,该过程采取周期性观察,直至上下两周期记录结果一致。第一周期可关注敏旱材料,最后一周期可筛选抗旱材料。抗性级别评价标准见表1,如材料抗旱表现处于抗旱性标准中间类型,可评定为中间抗旱级别。

表1 稻种资源苗期田间抗旱性鉴定评价标准

Table 1 The standard for evaluating drought resistance of rice germplasm in the field at seedling stage

抗旱性级别 Drought resistance grade	抗旱性特征描述 The description of drought resistance	抗旱性水平 Drought resistance level
1	植株正常,植株下部略有枯叶,无其他明显变化	极抗旱
3	植株较正常,叶片枯死少于1/4,叶稍卷曲	抗旱
5	植株不正常,叶片枯死1/4~1/2,叶卷曲	中等抗旱
7	植株不正常,叶片枯死2/3,叶卷曲	敏旱
9	植株明显干枯,几乎所有叶片枯死	极敏旱

## 参考文献

- [1] Gupta A, Andrés R, Cao D A. The physiology of plant responses to drought. *Science*, 2020, 368(6488): 266-269
- [2] Zhang Q F. Strategies for developing Green Super Rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(42): 16402-16409
- [3] 李艳, 马均, 王贺正, 张荣萍, 李旭毅. 水稻品种苗期抗旱性鉴定指标筛选及其综合评价. *西南农业学报*, 2005, 18(3): 250-255  
Li Y, Ma J, Wang H Z, Zhang R P, Li X Y. Studies on screening of the drought resistance assessment indexes and comprehensive evaluation of rice varieties during seedling stage. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 18(3): 250-255
- [4] 夏秀忠, 曾宇, 李丹婷, 农保选, 刘开强, 陈仁天, 邓国富. 广西地方稻种资源微核心种质的抗旱性鉴定评价. *干旱地区农业研究*, 2014, 32(2): 137-141  
Xia X Z, Zeng Y, Li D T, Nong B X, Liu K Q, Chen R T, Deng G F. Identification of drought resistance of landrace rice mini core germplasm in Guangxi. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2014, 32(2): 137-141
- [5] 徐建欣, 杨洁, 胡祥伟, 苏子涵, 王云月. 陆稻苗期抗旱性鉴定指标筛选与评价. *中国农学通报*, 2015, 31(3): 29-34  
Xu J X, Yang J, Hu X W, Su Z H, Wang Y Y. Screening and evaluation of the drought resistance identification indexes of upland rice varieties during seedling stage. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(3): 29-34
- [6] 牛同旭, 郑桂萍, 李志彬, 朱崑, 唐占兵. 寒地水稻种质资源苗期抗旱性筛选与评价. *安徽农学通报*, 2020, 26(13): 21-24  
Niu T X, Zheng G P, Li Z B, Zhu W, Tang Z B. Selection and evaluation of drought resistance of rice germplasm resources at seedling stage in cold region. *An Hui Nong Xue Tong Bao*, 2020, 26(13): 21-24
- [7] Hoang G T, Dinh L V, Nguyen T T, Ta N K, Gathignol F, Mai C D, Jouannic S, Tran K D, Khuat T H, Do V N, Lebrun M, Courtois B, Gantet P. Genome-wide association study of a panel of vietnamese rice landraces reveals new QTLs for tolerance to water deficit during the vegetative phase. *Rice*, 2019, 12(1): 4
- [8] 安永平, 强爱玲, 张媛媛, 张文银, 曹桂兰, 韩龙植. 渗透胁迫下水稻种子萌发特性及抗旱性鉴定指标研究. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(4): 421-426  
An Y P, Qiang A L, Zhang Y Y, Zhang W Y, Cao G L, Han L Z. Study on characteristics of germination and drought-resistance index by osmotic stress in rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2006, 7(4): 421-426
- [9] 吕学莲, 白海波, 惠建, 田小燕, 杨宸刚, 马斯霜, 蔡正云, 李树华. 籼粳稻杂交衍生RIL系的苗期抗旱性综合评价. *植物遗传资源学报*, 2019, 20(3): 556-563  
Lu X L, Bai H B, Hui J, Tian X Y, Yang C G, Ma S S, Cai Z Y, Li S H. Comprehensive evaluation of seedling drought resistance of RILs population derived from *indica* rice and *japonica* rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 20(3): 556-563
- [10] 胡标林, 扬平, 万勇, 李霞, 罗世友, 罗向东, 谢建坤. 东乡野生稻BILs群体苗期抗旱性综合评价及其遗传分析. *植物遗传资源学报*, 2013, 14(2): 249-256  
Hu B L, Yang P, Wan Y, Li X, Luo S Y, Luo X D, Xie J K. Comprehensive assessment of drought resistance of BILs population derived from Dongxiang wild rice (*Oryza rufupogon* Griff.) at seedling stage and its genetic analysis. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(2): 249-256
- [11] 肖宇龙, 余传元, 雷建国, Quirino D C, Jonalyn M C, Dindo A T. 水稻种质资源的苗期抗旱性鉴定. *江西农业大学学报*, 2012, 34(3): 428-433, 444  
Xiao Y L, Yu C Y, Lei J G, Quirino D C, Jonalyn M C, Dindo A T. Screening of rice germplasm accessions for vegetative drought tolerance. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2012, 34(3): 428-433, 444
- [12] 来长凯, 张文银, 贺奇, 孙建昌, 王兴盛, 殷延勃. 宁夏水稻抗旱性鉴定指标的筛选研究. *种子*, 2015, 34(8): 27-32  
Lai C K, Zhang W Y, He Q, Sun J C, Wang X S, Yin Y B. Study on screening of the drought resistance identification indexes in Ningxia rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Seed*, 2015, 34(8): 27-32
- [13] Jiang Z, Tu H F, Bai B W, Yang C H, Zhao B Q, Guo Z Y, Liu Q, Zhao H, Yang W N, Xiong L Z, Zhang J. Combining UAV-RGB high-throughput field phenotyping and genome-wide association study to reveal genetic variation of rice germplasms in dynamic response to drought stress. *New Phytologist*, 2021, 232(1): 440-455
- [14] Guo Z L, Yang W N, Chang Y, Ma X S, Tu H F, Xiong F, Jiang N, Feng H, Huang C L, Yang P, Zhao H, Chen G X, Liu H Y, Luo L J, Hu H H, Liu Q, Xiong L Z. Genome-wide association studies of image traits reveal genetic architecture of drought resistance in rice. *Molecular Plant*, 2018, 11(6): 789-805
- [15] Kim S L, Kim N, Lee H, Lee E, Cheon K S, Kim M, Baek J H, Choi I, Ji H, Yoon I S, Jung K H, Kwon T R, Kim K H. High-throughput phenotyping platform for analyzing drought tolerance in rice. *Planta*, 2020, 252(3): 38
- [16] Sun X M, Xiong H Y, Jiang C H, Zhang D M, Yang Z L, Huang Y P, Zhu W B, Ma S S, Duan J Z, Wang X, Liu W, Guo H F, Li G L, Qi J W, Liang C B, Zhang Z Y, Li J J, Zhang H L, Han L J, Zhou Y H, Peng Y L, Li Z C. Natural variation of *DROT1* confers drought adaptation in upland rice. *Nature Communications*. 2022, 13(1): 4265
- [17] 于艳敏, 武洪涛, 张书利, 闫平, 牟凤臣, 徐振华, 杨忠良. 水稻品种苗期抗旱性筛选与评价. *中国农学通报*, 2015, 31(3): 23-28  
Yu Y M, Wu H T, Zhang S L, Yan P, Mou F C, Xu Z H, Yang Z L. Studies on screening of the drought resistance assessment indexes and comprehensive evaluation of rice varieties during seedling stage. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(3): 23-28
- [18] Gao J, Zhao Y, Zhao Z K, Liu W, Jiang C H, Li J J, Zhang Z Y, Zhang H L, Zhang Y G, Wang X N, Sun X M, Li Z C. *RRS1* shapes robust root system to enhance drought resistance in rice. *New Phytologist*. 2023, 238(3): 1146-1162
- [19] Wang Y L, Jiang C H., Zhang X T, Yan H M, Yin Z G, Sun X M, Gao F H, Zhao Y, Liu W, Han S C, Zhang J J, Zhang Y G., Zhang Z Y, Zhang H L, Li J J, Xie X Z, Zhao Q Z, Wang X N, Ye G Y, Li J Z, Ming R, Li Z C. Upland rice genomic signatures of adaptation to drought resistance and navigation to molecular design breeding. *Plant Biotechnology Journal*, 2024, 22(3): 662-677