

水稻耐盐碱鉴定标准评价及建议与展望

杨 福, 梁正伟, 王志春

(中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012/中国大安碱地生态试验站, 吉林大安 131317)

摘要:对国内外水稻耐盐碱鉴定评价标准进行了评述,指出目前采用的评价标准存在着对盐碱害判断不够全面、准确的问题,只适用对水稻进行生物耐盐力的鉴定,而不适合对水稻的农业耐盐力进行鉴定;提出了对水稻耐盐碱鉴定的标准品种、方法、鉴定胁迫浓度等进行改进的建议,强调对水稻进行全生育期的耐盐碱性鉴定。

关键词:水稻;盐碱;评价标准;改进

Evaluation, Suggestion and Prospect on Identification Standards of Saline-alkali Tolerance in Rice

YANG Fu, LIANG Zheng-wei, WANG Zhi-chun

(Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese academy of sciences, Changchun 130012/
Da'an Sodic Land Experiment Station of China, Da'an, Jilin 131317)

Abstracts: The identification standards of saline-alkali tolerance in rice were evaluated according to the researches in both China and abroad. This study pointed out that the present adopted evaluation standards was inaccurate in distinguishing harms of salinity and alkalinity and they could only be used for the biological salt tolerance and could not be used for agricultural salt tolerance. Some suggestions on identification standards of rice saline-alkali tolerance in varieties, methods and stress concentrations were also provided in this paper. The saline-alkali tolerance abilities in the whole life cycle of rice should be emphasized in the future.

Key words: Rice; Saline-alkalinity; Evaluation standard; Improvement

在我国,种稻改良盐碱地是古今传承的科学方法。盐碱地种稻“寓改良于利用”,是中华民族对世界文明的伟大贡献^[1]。在盐碱地种稻的农业生产中,培育和推广耐盐碱的水稻品种是发展盐碱地水稻生产的最为经济有效的措施。在水稻耐盐碱育种方面取得重大突破,必须建立在水稻耐盐碱种质资源重大发现的基础上。而耐盐碱种质资源的鉴定和评价是培育耐盐碱地水稻品种重要的前提和保证。

一个科学、准确、高效的耐盐碱鉴定评价体系对判断水稻种质资源耐盐碱的真实性至关重要。确立水稻耐盐碱鉴定的方法和指标是筛选水稻抗逆资源的重要内容。目前,关于水稻耐盐碱性的筛选方法和鉴定标准还不十分准确,针对性不强,国内在水稻耐盐碱鉴定评价方法方面还缺乏统一的标准,水稻

耐盐碱鉴定方法和标准尚需进一步修改和完善。本研究就目前国内外有关水稻耐盐碱性筛选方法、鉴定指标及存在问题予以综述和评价,并结合科研实践对水稻耐盐碱资源的鉴定和评价提出改进意见。

1 水稻耐盐碱的特点

水稻按照生长在一定盐浓度土壤中的存活阈值被定为对盐中度敏感的作物,属于非盐生植物。但盐生植物与非盐生植物没有本质区别,只不过是耐盐性表现上存在程度上的差异^[2]。当水稻处于盐碱生境中其机体结构和生理功能均发生变化来适应这种逆境以提高耐逆能力。粳稻品种的耐盐性比籼稻品种强^[3],粘稻耐盐种质数量多于糯稻,水稻耐盐种质数量多于陆稻^[4],粳稻品种的耐盐碱性存在

收稿日期:2010-10-19 修回日期:2011-01-24

基金项目:国家科技支撑计划项目(2009BADB3B03);吉林省产业技术研究与开发专项(吉发改高技字[2007]1033号);吉林省与中国科学院科技合作资金项目(2009SYHZ0022)

作者简介:杨福,研究员,主要从事水稻新品种选育及耐盐碱机理研究。E-mail: yangfu@neigae.ac.cn

着明显的基因型差异^[5-6]；水稻不同发育时期其耐盐碱性存在明显的差异，水稻在芽期是耐盐碱的，而幼苗期变得十分敏感，分蘖后的营养生长期耐盐碱性又增强，到开花授粉期又变得敏感^[7]，成熟期耐盐碱性又增强^[8-9]。水稻不同器官间也存在着耐盐碱差异，水稻成熟期的秆高和秆长对盐胁迫反应钝感，而发育旺盛的器官对盐较敏感，水稻幼苗地上部分较地下部分对盐反应敏感^[10]。因此，遵循水稻的耐盐碱特性来进行耐盐碱性状的鉴定才是最科学的。

2 水稻耐盐碱鉴定方法和标准及存在的问题

在国外，最早开展耐盐水稻品种筛选和培育工作的是斯里兰卡，1939年曾培育出抗盐水稻品种 Pokkali。印度1944-1945年制定了耐盐水稻的杂交育种计划。国际水稻研究所(IRRI)于1975年实施了“国际水稻耐盐观察圃计划”，取得了显著的进展，并于1979年提出了水稻耐盐鉴定标准和方法。同时，巴基斯坦、日本、美国、英国、澳大利亚等国也相继开展了水稻的耐盐性研究。我国的水稻耐盐性研究始于1981年召开的“全国稻麦抗盐碱协作会议”。“七五”期间把稻种资源的耐盐碱性鉴定作为国家科研项目，并开展全国协作。1982年我国在“全国水稻耐盐鉴定协作方案”中规定了水稻耐盐鉴定标准——水稻单茎(株)评定分级法。目前，在水稻的耐盐碱性研究方面大多都参考和遵循上述两种水稻耐盐碱性鉴定评价体系^[11]。

2.1 国际水稻研究所(IRRI)提出的鉴定标准

该方法是通过观察盐胁迫下水稻分蘖、叶尖和叶片症状及整个植株死亡程度，计算叶片死亡的百分比来度量水稻的受害程度^[12-14]，把水稻耐盐分为1、2、3、5、7、9六个等级(表1)。这套基于生长和受害症状的分级标准之间很难准确区分，调查过程以人为定性观察为主，即使是同一材料，不同的调查者往往会判断为不同的等级；另外，由于不同材料死叶和植株枯死速度存在时间上的差异，按照此评价标准也不能准确地判断出耐盐碱性的强弱。此鉴定标准较适合做水稻的生物耐盐力测定，不能完成水稻的全生育期鉴定，进而不能进行水稻农业耐盐力的测定。而水稻生物耐盐力强的材料农业耐盐力不一定强，反之亦然^[12]。因此，这套简单的鉴定指标体系不能完整准确地反映水稻对盐的响应程度。

表1 盐害症状目测法分级标准与平均死叶百分比分级标准

Table 1 Grading standard of salt tolerance by eyeballing and based on the rate of average dead leaves

等级 Grade	受害症状 Symptom	死叶率(%) Percentage of dead leaves	耐盐等级 Grade of salt tolerance
1	生长分蘖近正常，无叶片症状	0~20	抗
2	生长分蘖近正常，但叶尖或上部叶片1/2发白或卷曲	21~35	抗
3	生长分蘖受抑制，并有一些叶片卷曲	36~50	抗
5	生长分蘖严重受抑制，多数叶片卷曲，仅少数叶片伸长	51~70	中抗
7	生长分蘖停止，多数叶片干枯，部分植株死亡	71~90	中感
9	几乎所有植株都死亡或接近死亡	91~100	感

$$\text{死叶率}(\%) = (\text{供试植株总死叶率} / \text{供试植株总叶片数}) \times 100\%$$

2.2 水稻单茎(株)分级法耐盐鉴定评价标准

1982年我国在“全国水稻耐盐鉴定协作方案”中制订了水稻耐盐鉴定标准——单茎(株)分级法(表2)。该法基本上也属于目测法，同样会存在人为误差。调查过程中如果存在分蘖，至少植株有4片以上成活叶片，相对盐害指数都在0以上，难以进行不同材料耐盐性的划分。另外，单茎(株)是指主茎及各分蘖平均叶片数，叶数相同而分蘖不同的材料不能准确评价；材料之间生育期长短不同，叶片数不同，植株生长发育进程不同，可比性差，难以准确鉴定。该方法比较适合于水稻生物耐盐力的测定，不能对水稻农业耐盐力进行鉴定和评价。

2.3 辽宁盐碱地研究所提出的鉴定标准及存在问题

2.3.1 盐害度法 该方法是评价相同品种不同盐渍处理之间或盐渍处理与淡水对照相比的受害程度(表3)。

表 2 盐害症状鉴定标准与按照盐害指数评定的耐盐级别
Table 2 Grading standard of salt tolerance and it based on the relative damaging index

等级 Grade	盐害症状(每茎上绿叶 片数) Symptom	相对盐害指数(%) Relative damaging index
0	生长发育正常,不表现任何盐害症状	0.0 ~ 15.0
1	生长发育基本正常,有 4 片以上绿叶	15.1 ~ 30.0
2	生长发育接近正常,有 3 片以上绿叶	30.1 ~ 60.0
3	生长发育受阻,有 2 片以上绿叶	60.1 ~ 85.0
4	生长发育受阻,仅有 1 片绿叶	85.1 ~ 100.0
5	植株死亡或临近死亡	

2/3 面积绿色为 1 片绿叶;

盐害指数(%) = $\sum [(各级记载的受害植株数 \times 相应级数值) / (调查总株数 \times 最高盐害级数值)] \times 100\%$

表 3 按照盐害度划分的盐害等级

Table 3 Grading of salt tolerance on salt damaging degree

等级 Grade	盐害度(%) Damaging index	耐盐性 Salt tolerance
0	≤ 50	高抗
1	50.1 ~ 60.0	高抗
2	60.1 ~ 70.0	抗
3	70.1 ~ 80.0	抗
4	80.1 ~ 90.0	中抗
5	90.1 ~ 100.0	敏感

盐害度公式 $K = \{ [n(X-x)/X] / d \} / N \times 100\%$

K: 盐害度; X: 淡水对照叶片/株; n: 盐渍处理成活株数; x: 盐渍处理死亡株数; N: 插秧总株数; d: 盐渍处理死亡株数

2.3.2 相对耐盐力法 该方法是评价不同品种在相同处理中的不同耐盐力(表 4)。

表 4 按照相对耐盐力划分的耐盐等级

Table 4 Grading of salt tolerance on the relative tolerant ability

相对耐盐力(%) Relative tolerant ability	耐盐性 Salt tolerance
> 100	高抗
90.1 ~ 100.0	抗
70.1 ~ 90.0	中抗
≤ 70	敏感

相对耐盐力公式 $M = \{ [n_1 x_1 \times (N_2 / N_1)] / n_2 x_2 \} \times 100\%$

M: 相对耐盐力; n_1 、 n_2 分别为品种 1 和品种 2 的成活株数; N_1 、 N_2 分别为品种 1 和品种 2 的插秧株数; x_1 、 x_2 分别为品种 1 和品种 2 的叶片数/株

万方数据

盐害度法和相对耐盐力法克服了通过目测来观察叶片受害症状的缺点,能够准确反映品种内盐害程度和品种之间的耐盐性差异,应用比较方便。该方法非常适合于水稻的生物耐盐力的测定。但按照这个评价标准和鉴定方法,鉴定水稻材料几乎不能完成生活史,不能实现全生育期鉴定。事实上盐害度为零的水稻材料很多,它们之间的农业耐盐力存在很大的差异,按照该方法不能鉴定。同时,水稻材料的生育期长短也没有考虑。

2.4 发芽指数法

该方法是被广泛采用的一种快速、有效的水稻耐盐碱鉴定评价方法^[14-15],适合大量材料的耐盐碱性初级筛选,采用发芽势、发芽率、发芽指数和相对盐碱害率等指标进行评价。根据相对盐碱害率大小分 1~9 级进行评价^[16-17](表 5)。显然,该方法不能对水稻进行整个生育期的鉴定。

发芽率(%) = (发芽粒数/供试粒数) × 100%

发芽指数(GI) = $\sum (G_t/D_t)$, G_t 为 t 日发芽数, D_t 为发芽天数

相对盐碱害率(%) = [(对照发芽率 - 处理发芽率)/对照发芽率] × 100%

表 5 相对盐碱害分级标准

Table 5 Grading standard of salt tolerance on the relative saline-sodic damage

等级 Grade	相对盐碱害率(%) Relative saline-sodic damage	耐盐碱性 Saline-sodic tolerance
1	0.0 ~ 20.0	极强
3	20.1 ~ 40.0	强
5	40.1 ~ 60.0	中
7	60.1 ~ 80.0	弱
9	80.1 ~ 100.0	极弱

3 对水稻耐盐碱鉴定评价体系的展望与建议

3.1 水稻耐盐碱鉴定对照品种的选择

耐盐碱对照品种的选择非常重要,选择的准确与否直接关系到能否准确判断鉴定材料的耐盐碱性强弱。目前,水稻耐盐碱鉴定使用的对照品种仅限于以下几种:1939 年斯里兰卡培育出的耐盐水稻品种 Pokkali 和国际水稻研究所鉴定的对盐敏感品种 Peta,两品种均为籼稻品种;耐碱品种长白 9 号,对碱敏感品种九稻 12,全国耐盐碱统一对照品种兰胜

等。Pokkali 和 Peta 可作为籼稻耐盐碱鉴定的对照品种,对粳稻只能做参考品种,长白9号和九稻12可作为粳稻耐盐碱鉴定对照品种。这些对照品种不仅数量少,而且年代久远,不能很好地满足水稻耐盐碱鉴定的需要。由于数量少,对照品种的生育期不能与众多的水稻资源生育期相对应,导致不能准确鉴定水稻的耐盐碱性。如长白9号在吉林省为中早熟品种,生育期130d,是东北苏打盐碱鉴定对照品种,在做水稻农业耐盐力鉴定中的很多材料生育期与长白9号相差很大,各材料生长发育进程不能与对照同步,只用长白9号做对照缺乏可比性。因此,要积极寻找不同生育期的对照品种,选择经生产实践长期检验的耐盐碱当地品种作为对照品种。

3.2 水稻耐盐碱鉴定设施和方法的确立

目前,水稻的耐盐碱鉴定包括室内鉴定、温室设施鉴定和田间鉴定。室内鉴定一般是指在实验室对水稻发芽及苗期进行的耐盐碱鉴定,方便、快捷,适合对大量的材料进行初级筛选。但一般胁迫溶剂比较单一,大多采用NaCl和Na₂CO₃或Na₂CO₃和NaHCO₃的混合液^[18-20],而实际大田中的盐碱地多为复盐分布,鉴定结果可能与实际不符。温室设施鉴定相对来说是比较准确的鉴定方法,它可以按照需要设置很多盐碱鉴定梯度,既可进行水稻生物耐盐力鉴定,也能进行水稻农业耐盐力鉴定,同时完成水稻全生育期鉴定。田间鉴定是对室内和温室鉴定结果进行进一步验证,同时也是水稻品系和品种进行耐盐碱比较鉴定的较好方法。但由于田间鉴定受外界环境的影响,一般不要把田间鉴定作为唯一,只能作为辅助鉴定手段。

3.3 水稻全生育期的鉴定

依据水稻的耐盐碱规律,只有对水稻进行全生育期鉴定才能完整、科学、准确地评价一个水稻资源的耐盐碱性。要设置一系列盐碱梯度,对在较重盐碱梯度中的材料进行水稻生物耐盐力鉴定,采用国际水稻所、我国单茎(株)分级法和辽宁盐碱地研究所鉴定标准进行评价;对在一定的盐碱梯度中能够进行分蘖、抽穗但又不能完全成熟的水稻材料以分蘖的多少、开花抽穗持续时间长短来进行水稻耐盐碱评价;在较轻盐碱梯度下能够正常分蘖、抽穗并能完全成熟的水稻材料主要以相对产量百分比的高低进行农业耐盐力的鉴定。在做水稻农业耐盐力鉴定时尽量按照生育期进行归类鉴定,同时设置相应生育期的对照品种。

3.4 水稻耐盐碱胁迫溶液及鉴定浓度的确定

以往的室内耐盐碱鉴定中鉴定剂大部分采用比较单一的溶剂或溶液,如NaCl和Na₂CO₃或二者的混合液。优点是鉴定浓度容易控制,可以始终保持鉴定浓度的一致性,鉴定结果可靠,适合水稻大量基因资源苗期生物耐盐力鉴定。设置的溶液浓度以水稻的存活阈值即植株死亡数超过50%时的胁迫溶液浓度为好。在进行农业耐盐力鉴定时以水稻相对产量降低50%的基质浓度为好。对东北的苏打盐碱土来说,选用单盐或复盐混合作为鉴定基质不够科学。苏打盐碱土对水稻的伤害除了像NaCl具有离子毒害、渗透胁迫外还有因苏打盐碱pH高引起的土壤营养元素的胁迫和土壤物理性质恶化等因素,这些因素综合作用对水稻生长发育产生影响。因此,在做苏打盐碱水稻鉴定时一定要选择自然典型苏打盐碱土作为胁迫基质,以EC、CEC、ESP、SAR、pH、交换性Na⁺等化学指标和土壤质地、水稳定性团聚体、土壤分散度等物理指标作为胁迫基质的综合基础数据,不能单独以其中一个或几个指标来代表苏打盐碱土的性质。按照上述思路,中国科学院大安碱地生态试验站采集站内pH10、EC1000(μs/cm)、ESP50%以上的重度盐碱土与非盐碱水稻土按照比例分别配制成具有不同盐碱梯度的混合土壤进行温室设施水稻种质耐盐碱鉴定,能够完成水稻的全生育期鉴定,准确可靠。

参考文献

- [1] 赵国臣,崔金虎.吉林盐碱地水稻栽培技术[M].长春:吉林科学技术出版社,2002
- [2] 赵可夫,范海.盐生植物及其对盐渍生境的适应机理[M].北京:科学出版社,2005,25-27
- [3] 蒋荷,孙加祥,汤陵华.水稻种质资源耐盐性鉴定与评价[J].江苏农业科学,1995(4):15-16
- [4] 应存山.中国稻种资源[M].北京:中国农业科技出版社,1993:79-80
- [5] 张秀双,魏晓敏,杨丽,等.水稻不同品种耐盐限度研究初报[J].垦殖与稻作,2006(4):53-55
- [6] 李姝晋,朱建清,叶小英,等.俄罗斯优质水稻种质资源耐盐性鉴定和耐盐指标的评价[J].四川大学学报:自然科学版,2005,42(4):848-851
- [7] Abdullah Z, Khan M A. Salinity-sodicity induced changes in reproductive physiology of rice (*Oryza sativa*) under dense soil conditions[J]. Environ Experi Botan,2003,49:145-157
- [8] 赵守仁.耐盐水稻80-85的选育及其栽培要点[J].江苏农业科学,1984(5):25-28
- [9] Zeng L, Shannon M C, Lesch S M. Timing of salinity stress affects rice growth and yield components[J]. Agric Water Manag, 2001,48(3):191-206
- [10] 韩朝红,孙谷畴,林植方. NaCl对吸胀后的水稻种子发芽和幼苗生长的影响[J].植物生理学通讯,1998,34(5):339-342

(下转第633页)

居群的 Hup A 含量数据说明武夷山脉拥有良好的 Hup A 植物资源。从资源和 Hup A 含量等指标的综合评价来看,长柄石杉(千层塔)应成为当地合理利用石杉资源的首选植物。

野外调查发现武平梁野山、建宁闽江源、尤溪溪尾乡偶见成片的长柄石杉植株存在,生态与群落学研究表明这些区域的自然与生态环境保护良好,Hup A 检测显示这些居群含量较高,说明长柄石杉植株生长良好与 Hup A 的累积呈一定正相关。这些居群不但含量高,而且植株生物量大,可以考虑作为石杉繁殖种源,并以这些居群生长环境条件作为栽培和繁殖试验的参考参数。

石松科的藤石松等石杉以外类群是否含 Hup A 是个令人感兴趣的问题。在石杉植物组织培养至今还难以突破的情况下,如果能在石杉以外发现替代的资源种类,对于解决石杉资源危机无疑有着重要的意义。但本研究的结果证明藤石松的 HPLC 谱中与石杉碱甲接近的疑似峰并不是石杉碱甲,对该化合物的进一步研究正在进行中。

3.2 关于石杉科植物 Hup A 植化研究取样问题探讨

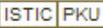
石杉科植物的植化研究与资源评价的前提工作之一是植物样品的采集与鉴定。在鉴定问题上,由于石杉为低等蕨类植物,鉴定依据主要来自营养器官信息,难度较大,极易混淆。例如,王峻等^[5]指出多人曾把部分叶片边缘强烈皱曲的长柄石杉定名为皱边石杉,若未仔细核对标本,极易造成鉴定失误。本研究还特别对叶片边缘强烈皱曲和边缘极为圆滑的长柄石杉进行 Hup A 测定,发现无明显差异。因此,从植物化学角度支持叶片边缘强烈皱曲的长柄石杉尚不存在种的特异性问题,更不是皱边石杉(皱边石杉不含石杉碱甲)^[11]。另一个是样品的采集问题。石杉科植物多生长在人迹罕至的深山密林,且大多分散分布,不易寻找,同时由于植株大多矮小,一次采集植株生物量有限,因此,容易存在植物样品不均一的问题。样品不均一主要包括采集季节、海拔、坡向、生长状况等。另外,研究还发现,样

品的保存、烘干、研磨与测定时间间隔,均会不同程度影响测定值,这些问题在石杉研究中也要注意。

致谢:复旦大学药学院潘胜利教授对石杉植物材料的鉴定,福建建宁闽江源国家级自然保护区的高元龙先生对样品采集提供了重要帮助。

参考文献

- [1] Ma X Q, Tan C H, Zhu D Y, et al. Huperzine A from *Huperzia* species—An ethnopharmacological review [J]. *Ethnophar*, 2006, 113:15-34
- [2] 王月娥,岳东贤,唐希灿. 石杉碱甲的抗乙酰胆碱酯酶的作用[J]. *中国药理学报*, 1986, 7(2):110-113
- [3] Ma X Q, David R. In vitro production of huperzine A, a promising drug candidate for Alzheimer's disease [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69:2022-2028
- [4] Ma X Q, Tan C H, Zhu D Y. A survey of potential huperzine A natural resources in China; The *Huperziaceae* [J]. *J Ethnophar*, 2006, 104: 54-67
- [5] 王峻,潘胜利. 湖南省石杉属植物中石杉碱甲含量的研究[J]. *中国药学杂志*, 2005, 40(21):1616-1618
- [6] 张君诚,宋育红,黄晖,等. 福建三明地区石杉科(*Huperziaceae*)植物群落特征及其生境调查分析[J]. *复旦学报:自然科学版*, 2008, 47(5): 627-632
- [7] 杨煌记,黄晖,张君诚,等. 三明地区长柄石杉中石杉碱甲的提取和测定[J]. *应用化工*, 2008, 37(12):1416-1418
- [8] Ma X Q, Tan C H, Zhu D Y. Is There a Better Source of Huperzine A than *Huperzia serrata*? Huperzine A Content of *Huperziaceae* Species in China [J]. *J Agric Food Chem*, 2005, 53, 1393-1398
- [9] 方芳,鄧水良,李沛玲,等. 石杉科植物石杉总碱含量的测定及基于紫外光谱的除趋势对应分析[J]. *武汉植物学研究*, 2005, 23(6): 606-609
- [10] 王峻,吴伟,潘胜利. HPLC 法测定 6 种石杉科植物中石杉碱甲的含量[J]. *中草药*, 2003, 34(7): 607-608
- [11] 王峻,潘胜利,顺庆生,等. 老年痴呆克星--石杉碱甲暨中国石杉科药用植物[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 2008:24
- [12] King D J, Gleadow R M, Woodrow I E. Terpene deployment in *Eucalyptus polybractea*; relationships with leaf structure, environmental stresses, and growth [J]. *Functi Plant Biolo*, 2004, 31, 451-460
- [13] Goodger J Q D, Gleadow R M, Woodrow I E. Growth cost and ontogenetic expression patterns of defense in cyanogenic *Eucalyptus* spp [J]. *Trees*, 2006, 20, 757-765
- [14] Goodger J Q D, Whincup A L, Field A R, et al. Variation in huperzine A and B in Australasian *Huperzia* species [J]. *Biochemi Systema Ecol*, 2008, 36: 612-618
- [15] 王洪新,王键. 石杉碱甲的研究进展[J]. *中国野生植物资源*, 2001, 20(6):4-10
- [16] 顾兴友,郑少玲,严小龙,等. 盐浓度对水稻苗期耐盐指标变异度的影响[J]. *华南农业大学学报*, 1998, 19(1):30-34
- [17] 汪宗立. 水稻耐盐性的生理研究[J]. *江苏农业学报*, 1990, 6(2):1-6
- [18] 程海涛,苏展,曹萍,等. NaCl 和 Na₂CO₃ 胁迫对水稻籼粳杂交后代群体发芽与幼苗生育的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 2010, 41(1):73-77
- [19] 李霞,曹昆,阎丽娜,等. 盐碱胁迫对不同水稻材料苗期生长特性的影响[J]. *中国农学通报*, 2008, 4(8):252-255
- [20] 祁栋灵,张三元,曹桂兰,等. 水稻发芽期和幼苗前期耐碱性的鉴定方法研究[J]. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(1):74-80
- [11] 祁栋灵,韩龙植,张三元. 水稻耐盐/碱性鉴定评价方法[J]. *植物遗传资源学报*, 2005, 6(2):226-231
- [12] 张启星. 水稻耐盐筛选、鉴定及评价[J]. *河北农业科技*, 1989(4):4-9
- [13] 王明珍,宋景芝. 水稻耐盐性筛选技术[J]. *国外农业科技*, 1992(5):42-43
- [14] 王秀萍,张晓东,鲁雪林. 盐胁迫对冀东滨海稻区优良水稻种子发芽率的影响[J]. *河北科技师范学院*, 2004, 18(1):76-78
- [15] 乔永利,张媛媛,安永平,等. 粳稻芽期耐盐鉴定方法研究[J]. *植物遗传资源学报*, 2004, 5(3):295-298

作者: 杨福, 梁正伟, 王志春, YANG Fu, LIANG Zheng-wei, WANG Zhi-chun
作者单位: 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春130012/中国大安碱地生态试验站, 吉林大安131317
刊名: 植物遗传资源学报 
英文刊名: Journal of Plant Genetic Resources
年, 卷(期): 2011, 12(4)

参考文献(20条)

1. [Abdullah Z;Khan M A Salinity-sodicity induced changes in reproductive physiology of rice \(Oryza sativa\) under dense soil conditions 2003](#)
2. 祁栋灵;韩龙植;张三元 [水稻耐盐/碱性鉴定评价方法 2005\(02\)](#)
3. 韩朝红;孙谷畴;林植方 [NaCl对吸胀后的水稻种子发芽和幼苗生长的影响 1998\(05\)](#)
4. [Zeng L;Shannon M C;Lesch S M Timing of salinity stress affects rice growth and yield components 2001\(03\)](#)
5. 赵守仁 [耐盐水稻80-85的选育及其栽培要点 1984\(05\)](#)
6. 顾兴友;郑少玲;严小龙 [盐浓度对水稻苗期耐盐指标变异度的影响 1998\(01\)](#)
7. 乔永利;张媛媛;安永平 [粳稻芽期耐冷鉴定方法研究 2004\(03\)](#)
8. 王秀萍;张晓东;鲁雪林 [盐胁迫对冀东滨海稻区优良水稻种子发芽率的影响 2004\(01\)](#)
9. 王明珍;宋景芝 [水稻耐盐性筛选技术 1992\(05\)](#)
10. 祁栋灵;张三元;曹桂兰 [水稻发芽期和幼苗前期耐碱性的鉴定方法研究 2006\(01\)](#)
11. 李霞;曹昆;阎丽娜 [盐碱胁迫对不同水稻材料苗期生长特性的影响 2008\(08\)](#)
12. 程海涛;苏展;曹萍 [NaCl和Na₂CO₃胁迫对水稻籼粳杂交后代群体发芽与幼苗生育的影响 2010\(01\)](#)
13. 李姝晋;朱建清;叶小英 [俄罗斯优质水稻种质资源耐盐性鉴定和耐盐指标的评价 2005\(04\)](#)
14. 张秀双;魏晓敏;杨丽 [水稻不同品种耐盐限度研究初报 2006\(04\)](#)
15. 蒋荷;孙加祥;汤陵华 [水稻种质资源耐盐性鉴定与评价 1995\(04\)](#)
16. 赵可夫;范海 [盐生植物及其对盐渍生境的适应机理 2005](#)
17. 赵国臣;崔金虎 [吉林盐碱地水稻栽培技术 2002](#)
18. 应存山 [中国稻种资源 1993](#)
19. 张启星 [水稻耐盐筛选、鉴定及评价 1989\(04\)](#)
20. 汪宗立 [水稻耐盐性的生理研究 1990\(02\)](#)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201104023.aspx