

山栏稻资源早期抗旱性评价及抗旱资源筛选

唐力琼, 严小微, 唐清杰, 徐 靖, 朱红林, 王效宁

(海南省农业科学院粮食作物研究所/海南省农作物遗传育种重点实验室, 海南 海口 571100)

摘 要: 为明确山栏稻抗旱差异性, 筛选抗旱性强的资源, 采用 PEG 人工模拟干旱的方法, 研究 20 个山栏稻资源的芽期、苗期抗旱性。结果表明, 采用不同的评价指标, 资源间的抗旱性排序有所不同; 山栏稻资源的抗旱性具有显著差异; 芽期、苗期抗性极显著正相关, 芽期抗旱性较强的资源有 L6、L30、L31、L33, 苗期抗旱性较强的资源有 L6、L26、L30、L31; 采用隶属函数法进行抗旱性综合分级, 结果显示山栏稻资源总体抗旱性较强, 中抗以上的资源占 55%, 其中 L6、L30、L31 几个资源具有强抗旱性, 建议在季节性干旱地区推广, 同时为抗旱种质创新利用提供参考。

关键词: 山栏稻; 芽期; 苗期; 抗旱性; 评价; 筛选

中图分类号: S332 **文献标志码:** A

Evaluation and screening of drought resistance in shanlan upland rice (*oryza sativa*) germplasm resource during early growth stage

TANG Li-qiong, YAN Xiao-Wei, TANG Qing-jie, XU Jing, ZHU Hong-lin, WANG Xiao-ning

(Institute of Food Crops, Hainan Academy of Agricultural Science/Key Laboratory of Crop Genetics and Breeding of Hainan Province, Haikou, Hainan 571100, China)

Abstract: To confirm drought resistance differences and screen germplasm resources of strong drought resistance, 20 Shanlan upland rice germplasm resources were evaluated and analysed by simulating drought stress using PEG during germinating stage and seedling stage. The results showed that the order of drought resistance among germplasm resources was different using different evaluation indexes. There was significant difference of drought resistance among cultivars of Shanlan upland rice. The drought resistance was significantly positive correlated between germinating stage and seedling stage, drought resistance of L6, L30, L31 and L33 were stronger at germinating stage, and that of L6, L26, L30, L31 were stronger at seedling stage. 55% of total resources were above middle drought resistance by subordinate function values analysis, which indicated that the drought resistance of Shanlan rice resources were strong. L6, L30 and L31 were suggested to popularize in arid areas. It provide reference for the utilization of drought resistant germplasm resources.

Keywords: Shanlan upland rice; germinating stage; seedling stage; drought resistance; evaluation; screening

干旱(西北、华北常年干旱及南方伏、秋旱等季节性干旱)对我国农业生产造成严重威胁^[1], 而水稻是耗水量最大的主要粮食作物, 因此加强稻种资源的抗旱性评价, 筛选和培育抗旱品种, 对节水农业具有重要意义。

山栏稻是经过黎族人民长期选育而成的旱稻品种, 具有耐旱、耐虫害、较抗倒伏等独特农艺特征^[2], 是进行抗旱研究的宝贵种质资源。郑成木等研究表明, 山栏稻种子在高渗溶液中的发芽能力、细胞质膜抗旱稳定性、离体叶片保水率、根系吸水能力等具有

较强优势, 并利用山栏稻和水稻杂交获得了抗旱、高产的新品系, 表明山栏稻在抗旱育种方面具有较大潜力^[3-4]; 刘维俊等研究了干旱胁迫下 2 个山栏稻与栽培水稻品种苗期表型性状及生理差异, 结果表明在干旱胁迫下山栏稻降低了地上部分的生物量并增加了地下部分的生物量, 叶绿素含量、MDA 含量以及脯氨酸含量均有不同程度的提高, 初步判断山栏稻苗期具有较强的抗旱特性^[5]。莫饶等利用同工酶分析研究水分胁迫下山栏稻的抗旱性, 结果表明山栏稻的酯酶酶带活性的减弱程度显著轻于水稻,

收稿日期: 2016-11-22 修回日期: 2017-02-22
基金项目: 海南省自然科学基金(20163083); 海南省农业科学院农业科技创新专项项目(CXZX201507); 海南省应用技术研发与示范推广专项(ZDXM2015035, ZDXM2015037); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-01-89)
作者简介: 唐力琼(1987—), 女, 四川安岳人, 硕士, 助理研究员, 主要从事水稻资源研究与利用。E-mail: tangliqiong88@126.com。
通信作者: 唐清杰(1981—), 男, 山东青岛人, 硕士, 副研究员, 主要从事热带稻类资源研究与利用研究。E-mail: Flyingfoxtqj@163.com。

抗旱性较强^[6]。大部分文献采用少数山栏稻品种为研究对象,主要研究比较干旱条件下与水稻的性状差异以及生理机制;而山栏稻种类较多,有关其抗旱系统评价及抗旱差异性研究未见报道。

抗旱评价的关键是寻找并建立科学准确、简单快速的抗旱鉴定方法和指标体系,前人在稻种资源的抗旱性鉴定方面取得较大进展,然而,由于鉴定条件不同,结果存在较大差异^[7-9]。而实践经验表明,旱地直播山栏稻,其种子萌发率低、幼苗抗旱性较弱,选择芽期和幼苗期进行鉴定能够较准确反映山栏稻资源的抗旱性。为此,研究 20 个山栏稻资源的芽期、苗期抗旱性,筛选抗旱性强的资源,对季节性干旱地区推广山栏稻抗旱种质以及抗旱品种选育提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

从海南省东方市、乐东县、保亭县等地收集山栏稻资源,选取明显农艺性状差异的 20 份种质进行试验,其编号、来源、名称及明显特征见表 1。

1.2 方 法

1.2.1 芽期抗旱鉴定 在直径 150 mm 培养皿底垫上 2 层圆形滤纸,每个培养皿均匀摆放 100 粒饱满种子。每份资源均设置干旱和对照两个处理,处理为 20 ml 15% PEG - 6000 溶液,对照为 20 ml 清水,放置在 28℃ 恒温培养箱中培养。每天更换相应体积的溶液。三次重复,完全随机设计。第 2、4、6、8 天测定各培养皿的种子萌发率;在第 10 天测定发芽率,每个培养皿取 10 株测定胚芽长、胚根长,选择 50 株测定根芽干重。根芽干重的测定:将 50 株材料全部根和芽洗净,105℃ 杀青 30 min,再 80℃ 烘干至恒重,称重。

1.2.2 苗期抗旱鉴定 试验在温室内进行,采用发芽盒沙培方式,每个发芽盒装入 3 cm 厚度的干净河沙。每个材料设置两个处理,一盒为 PEG 模拟干旱胁迫处理,一盒为不做干旱胁迫的对照。浸种催芽,每个材料挑选幼芽整齐的种子 30 粒,均匀播于发芽盒内,浇透水,播后用少量河沙覆盖。三次重复,随机排列。二叶一心后,每天用 20 ml 国际水稻所营养液^[10]浇灌。三叶一心时,进行干旱处理,浇灌 20 ml 20% PEG 溶液(用国际水稻所营养液配制)。待所有品种出现萎蔫,50% 品种叶片出现不同程度枯萎,少数品种出现暂时性整株枯死时,立即浇透清水,之后每天浇灌 20 ml 营养液,3 天后调查存活苗

数。调查完后,再次浇灌 20 ml 20% PEG 溶液,以同样的方法进行第二次干旱处理,调查幼苗萎蔫度,3 天后,每盒选择 10 苗,测定苗高、倒二叶长、发根力、存活苗数。

幼苗萎蔫度测定:4 个等级,1 级 - 叶尖卷曲,但不超过叶片总长度的 1/5;2 级 - 叶尖卷曲,但不超过叶片总长度的 1/3;3 级 - 叶片萎蔫,并有 1/2 长度叶片下垂;4 级 - 植株明显失水、倒伏,复水后无法恢复。

发根力测定:将秧苗不定根剪去,6 天后,统计长出新生白根数。

1.2.3 数据处理 计算各资源的种子萌发抗旱指数、反复干旱存活率、各指标相对值、抗旱隶属函数。

种子萌发抗旱指数($GDRI$) = 水分胁迫下种子萌发指数/对照种子萌发指数,公式中种子萌发指数 = $1.00nd_2 + 0.75nd_4 + 0.50nd_6 + 0.25nd_8$ (nd_2 、 nd_4 、 nd_6 、 nd_8 分别为第 2、4、6、8 天的种子萌发率)。

反复干旱存活率($SRDS$) = [(第 1 次干旱处理存活苗数/第 1 次干旱前总株数) + (第 2 次干旱存活苗数/第 2 次干旱前总株数)]/2。

各指标相对值 = 干旱胁迫处理测定值/对照测定值

各指标相对值的抗旱隶属函数($DRSFV$)采用吕凤山的方法^[11]计算,将每个资源所有性状的抗旱隶属值进行累加,求其平均数(X_i),即为总的抗旱隶属函数值。并规定抗旱等级的指标值为:当 $X_i \geq 0.80$ 为强抗; $0.50 \leq X_i < 0.80$ 为中抗; $0.30 \leq X_i < 0.50$ 为弱抗; $X_i < 0.30$ 为不抗。

数据用 Excel2007 进行数据整理,用 DPS7.05 软件进行方差分析,采用 Duncan 氏新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 山栏稻资源芽期抗旱性分析

在干旱胁迫下,芽期各指标相对值在山栏稻资源间存在显著差异,且值大多小于 1(表 2),说明干旱胁迫对芽期山栏稻资源有不同程度的影响。此外, F 测验表明,干旱胁迫对山栏稻资源的影响程度依次为根芽干重(F 值 518.249)、发芽率(F 值 54.503)、萌发抗旱指数(F 值 47.647)、根长(F 值 6.895)、芽长(F 值 6.834)。

表 2 显示,不同山栏稻资源的芽期抗旱指标相对值变幅不尽相同,萌发抗旱指数、相对发芽率、相对根长、相对芽长、相对根芽干重变幅依次为 0.428 ~ 0.929、0.453 ~ 0.913、0.467 ~ 1.034、0.362 ~

0.763、0.362 ~ 0.912。总体来看, L6、L30、L31、L33 各指标相对值均较高, 抗旱性较强。此外, L55 在种子萌发抗旱指数和相对根长两个指标方面表现出较好的抗旱性, L9、L10、L15、L17、L19 在根长方面表现出较好抗旱性, L40 在芽长方面表现出较好抗旱性。

2.2 山栏稻资源苗期抗旱性分析

在干旱胁迫下, 苗期各指标相对值在山栏稻资源间均存在显著差异, 且值大多小于 1(表 3), 说明干旱胁迫对苗期山栏稻资源有不同程度的影响。此外, *F* 测验表明, 影响程度依次为发根力(*F* 值

211.773)、苗高(*F* 值 199.488)、反复干旱存活率(*F* 值 10.993)、倒二叶长(*F* 值 1.912)。

干旱胁迫下, 山栏稻资源的苗期抗旱指标相对值变幅差异较大, 反复干旱存活率、倒二叶长、苗高、发根力的相对值变幅依次为 0.148 ~ 0.942、0.693 ~ 1.075、0.658 ~ 1.023、0.415 ~ 1.073。总体来看, L6、L26、L30、L31 各指标相对值均较高, 抗旱性较强。此外, L64 在反复干旱存活率方面表现出较好的抗旱性, L3、L4、L5 在倒二叶长方面表现出较好抗旱性, L33、L40 苗高和发根力表现出较好抗旱性。

表 1 20 份山栏稻资源信息表
Table 1 Information of twenty Shanlan upland rice germplasm resources

山栏稻资源编号 Number of Shanlan upland rice germplasm resources	收集地 Collection location	习惯名称 Customary name	明显特征 Typical characteristics
L1	五指山市番阳镇 Fanyang town of Wuzhishan city	白山栏 White Shanlan upland rice	黄粒 Yellow grain
L2	五指山市番阳镇 Fanyang town of Wuzhishan city	白山栏 White Shanlan upland rice	小粒 Small grain
L3	乐东县尖峰镇 Jianfeng town of Ledong county	山栏稻 Shanlan upland rice	白粒 White grain
L4	乐东县尖峰镇 Jianfeng town of Ledong county	山栏稻 Shanlan upland rice	长粒 Long grain
L5	乐东县尖峰镇 Jianfeng town of Ledong county	山栏稻 Shanlan upland rice	红长芒 Red long awn
L6	乐东县尖峰镇 Jianfeng town of Ledong county	山栏稻 Shanlan upland rice	白芒 White awn
L7	乐东县尖峰镇 Jianfeng town of Ledong county	山栏稻 Shanlan upland rice	红短芒 Red short awn
L9	东方市板桥镇 Banqiao town of Dongfang city	坡光 Poguang	无芒 No awn
L10	东方市板桥镇 Banqiao town of Dongfang city	坡光 Poguang	黄壳、短芒 Yellow glume, short awn
L13	东方市板桥镇 Banqiao town of Dongfang city	坡光 Poguang	黄壳、长芒、长粒 Yellow glume, long awn, long grain
L15	东方市板桥镇 Banqiao town of Dongfang city	坡光 Poguang	紫壳、短芒 Purple glume, short awn
L17	东方市板桥镇 Banqiao town of Dongfang city	坡光 Poguang	红芒 Red awn
L19	东方市板桥镇 Banqiao town of Dongfang city	坡光 Poguang	红长芒 Red long awn
L26	保亭县什玲镇 Zhaling town of Baoting county	白龙糯 Bailing glutinous rice	叶厚、披 Thick loose leaf
L30	保亭县什玲镇 Zhaling town of Baoting county	山栏 Shanlan	短白芒 Short white awn
L31	保亭县什玲镇 Zhaling town of Baoting county	山栏 Shanlan	小圆粒 Small round
L33	东方市板桥镇 Banqiao town of Dongfang city	山栏 Shanlan	白长芒 White long awn
L40		杂交山栏 Hybrid shanlan rice	红壳 Red glume
L55		杂交山栏 Hybrid shanlan rice	红颖尖 Red glume-tip
L64		杂交山栏 Hybrid shanlan rice	大穗 Strong spike

表 2 干旱胁迫下山栏稻资源芽期抗旱指标相对值
Table 2 TGDRI and index relative value at germinating stage

种质资源 Germplasm resources	种子萌发 抗旱指数 GDRI	发芽率 Germination rate	胚根长 Length of embryo-root	胚芽长 Length of embryo-bud	根芽干重 Dry weight of root and bud
L1	0.511jk	0.637fgh	0.755cdef	0.467g	0.414k
L2	0.428l	0.594hi	0.622fg	0.545defg	0.411k
L3	0.571hij	0.550i	0.743def	0.494fgh	0.409k
L4	0.714ef	0.662efg	0.467g	0.579bcdefg	0.584g
L5	0.611gh	0.593hi	0.788bdef	0.511efgh	0.492i
L6	0.929a	0.910a	0.837bcde	0.763a	0.912a
L7	0.541ij	0.453j	0.677ef	0.485ghi	0.401k
L9	0.669fg	0.705de	0.945ab	0.567cdefg	0.551h
L10	0.606hi	0.587hi	0.938ab	0.529defgh	0.503i
L13	0.468kl	0.456j	0.898abcd	0.404hi	0.378l
L15	0.593hi	0.683ef	0.938ab	0.362i	0.363l
L17	0.764de	0.791bc	1.034a	0.621bdef	0.618f
L19	0.591hi	0.627gh	0.926abc	0.507efgh	0.455j
L26	0.688f	0.793bc	0.871abcd	0.652abcd	0.701d
L30	0.850bc	0.844b	0.841bcde	0.656abcd	0.719d
L31	0.895ab	0.913a	0.772bdef	0.712ab	0.877b
L33	0.806cd	0.815b	0.744def	0.639abcde	0.668e
L40	0.594hi	0.662efg	0.612fg	0.684abc	0.833c
L55	0.801cd	0.740cd	0.928abc	0.630bcde	0.625f
L64	0.794cd	0.713de	0.730def	0.638abcde	0.629f

注:表中同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。
Note: Different letters within the same index in the table represent significant difference among them at $P < 0.05$.

表 3 干旱胁迫下山栏稻资源苗期抗旱指标相对值
Table 3 SRDS and index relative value at seedling stage

种质资源编号 Germplasm resources number	反复干旱 存活率 SRDS	倒二叶长 Length of top second leaf	苗高 Seedling height	发根力 Root growth ability	幼苗萎蔫度 Seedling wilting degree
L1	0.185hi	0.944ab	0.658m	0.415k	4
L2	0.148i	0.917abc	0.688l	0.431k	4
L3	0.486efg	1.083a	0.778ij	0.521ij	3
L4	0.794abc	1.075a	0.864f	0.783fg	1
L5	0.400fgh	1.036ab	0.807gh	0.636h	2
L6	0.942a	0.795bc	1.023a	1.044a	1
L7	0.752abcd	0.808bc	0.764j	0.495j	1
L9	0.692abcde	0.879abc	0.863f	0.742g	1
L10	0.630cdef	0.967ab	0.821g	0.634h	2
L13	0.469efg	0.937ab	0.726k	0.500j	3
L15	0.314ghi	1.032ab	0.718k	0.440k	4
L17	0.650bcde	0.945ab	0.510n	0.857de	2
L19	0.560hi	1.018ab	0.793hi	0.564i	2
L26	0.833abc	1.017ab	0.942de	0.934bc	1
L30	0.867abc	0.693c	0.950cd	0.962b	1
L31	0.899ab	0.879abc	0.974bc	1.073a	1
L33	0.792abc	0.994ab	0.929de	0.924bc	1
L40	0.790abc	0.906abc	0.983b	1.053a	3
L55	0.541defg	0.949ab	0.917e	0.823ef	2
L64	0.855abc	0.88abc	0.914e	0.898cd	1

注:表中同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。
Note: Different letters within the same index in the table represent significant difference among them at $P < 0.05$.

2.3 山栏稻资源抗旱性综合评价

以各指标相对值计算抗旱隶属函数值,结果表明,芽期、苗期抗旱隶属函数值在各山栏稻资源中的排序基本一致,仅有个别资源的芽期抗旱隶属函数值较低,而苗期为中等(表 4)。依据总抗旱隶属函数值,

对 20 个山栏稻资源进行抗旱性分级,强抗旱的资源有 L6、L30、L31,中抗的有 L4、L9、L17、L26、L33、L40、L55、L64,弱抗的是 L3、L5、L6、L7、L10、L19,不抗的是 L1、L2、L13、L15,这与幼苗萎蔫度表现大致相同。

表 4 山栏稻资源抗旱隶属函数值及抗旱等级
Table 4 Subordinate function values and rank of drought resistance

种质资源编号 Germplasm resources number	芽期抗旱隶属函数值 DRSFV at germinating stage	苗期抗旱隶属函数值 DRSFV at seedling stage	总抗旱隶属函数值 Total DRSFV	抗旱等级 Drought resistance rank
L1	0.230	0.112	0.171	不抗 No drought resistance
L2	0.212	0.124	0.168	不抗 No drought resistance
L3	0.253	0.370	0.311	弱抗 Weak drought resistance
L4	0.493	0.688	0.590	中抗 Moderate drought resistance
L5	0.319	0.411	0.365	弱抗 Weak drought resistance
L6	0.998	0.985	0.992	强抗 Strong drought resistance
L7	0.150	0.459	0.305	弱抗 Weak drought resistance
L9	0.469	0.623	0.546	中抗 Moderate drought resistance
L10	0.329	0.515	0.422	弱抗 Weak drought resistance
L13	0.055	0.318	0.187	不抗 No drought resistance
L15	0.207	0.218	0.212	不抗 No drought resistance
L17	0.630	0.435	0.532	中抗 Moderate drought resistance
L19	0.308	0.432	0.370	弱抗 Weak drought resistance
L26	0.649	0.831	0.740	中抗 Moderate drought resistance
L30	0.768	0.865	0.816	强抗 Strong drought resistance
L31	0.936	0.950	0.943	强抗 Strong drought resistance
L33	0.696	0.800	0.748	中抗 Moderate drought resistance
L40	0.612	0.900	0.756	中抗 Moderate drought resistance
L55	0.629	0.636	0.632	中抗 Moderate drought resistance
L64	0.617	0.804	0.711	中抗 Moderate drought resistance

2.4 芽期、苗期抗旱性相关性分析

相关分析表明,种子萌发指数、反复干旱存活率、芽期隶属函数值、苗期隶属函数值四者之间均存在极显著的相关关系(表 5),说明种子萌发指数、幼苗反复干旱存活率能够准确反映出稻种资源对干旱胁迫的反应,在大量鉴定时,可选择它们作为芽期、苗期抗旱性鉴定标准。此外,苗期、芽期抗旱鉴定结果呈显著相关关系,表明筛选的抗旱鉴定指标可以在一定程度上反映其他生育期的抗旱能力,而抗旱性强的品种具有连续、稳定的抗旱能力。

表 5 种子萌发抗旱指数、反复干旱存活率、
隶属函数值之间的相关系数

Table 5 GDRI, SRDS and DRSFV at germinating stage			
指标 Index	种子萌发 抗旱指数 GDRI	反复干旱 存活率 SRDS	芽期隶属 函数值 DRSFV at germinating stage
反复干旱存活率 SRDS	0.74 * *		
芽期隶属函数值 DRSFV at germinating stage	0.93 * *	0.75 * *	
苗期隶属函数值 DRSFV at seedling stage	0.81 * *	0.91 * *	0.88 * *

注: *、* * 分别表示经相关分析在 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 水平差异显著。
Note: * and * * represent the significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ by correlation analysis, respectively.

3 讨 论

种子萌发抗旱指数是由 Bouslama 等首先提出,反映了种子在高渗溶液中的发芽率和发芽势,被广泛用于小麦、玉米的抗旱性鉴定^[12-14]。幼苗反复干旱存活率是在2003年我国进一步改进水稻抗旱

性的鉴定方法过程中,以其作为苗期抗旱性的分级标准。本研究结果表明,山栏稻资源种子萌发抗旱

指数和幼苗反复干旱存活率均与抗旱隶属函数值极显著正相关,进一步证明两者可分别对芽期、苗期抗旱性做出可靠评价。

采用不同的评价指标,资源间的抗旱性排序不同,如以反复干旱存活率鉴定,L64 表现出较强的抗旱性,以苗高和发根力鉴定,L33、L40 表现出较强的抗旱性,可见,采用单一指标进行抗旱性评价具有片面性,在实际应用过程中,应选择多个指标进行抗旱性综合评价,指标之间评判抗旱性的不利作用和有利作用可相互弥补,使鉴定结果更加客观,多指标鉴定,结果更接近实际^[15-16]。

抗旱性强的山栏稻资源,其种子的萌发抗旱指数和相对发芽率高,说明山栏稻种子在高渗溶液中吸收水分且发芽的能力强,有利于维持细胞代谢的正常进行^[17],进一步验证了其适合山坡生长的特性;根长和发根力的相对值普遍较高(大多在 60% 以上),说明其根系的生存能力和复原抗性能力越好,能较好地适应干旱环境^[18-20];芽长、根芽干重、倒二叶长、苗高的相对值较大,说明其在干旱环境中,能够保证足够的生物量,这是适应干旱的机制之一,其中,倒二叶长相对值大多在 0.8 以上,有的甚至超过 1,说明叶片性状对于干旱具有较强的耐受力。

20 份山栏稻资源抗旱性具有显著差异,这是由于植物抗旱性是一种受多种因素影响的复杂数量遗传性状^[21],各资源对于干旱的反应不一致,这主要由其基因型决定的^[22]。根据抗旱隶属函数值分级,中抗以上的资源 11 份,占 55%,说明山栏稻资源总体抗旱性较强,其中,L6、L30、L31 这个几个资源抗旱性最强。本研究筛选到更多抗旱性强的山栏稻资源,进行了较好的补充。

4 结 论

采用不同的评价指标,资源间的抗旱性排序有所不同;山栏稻资源的抗旱性具有显著差异;芽期、苗期抗性极显著正相关,芽期抗旱性较强的资源有 L6、L30、L31、L33,苗期抗旱性较强的资源有 L6、L26、L30、L31;采用隶属函数法进行抗旱性综合分级,结果显示山栏稻资源总体抗旱性较强,中抗以上的资源占 55%,其中 L6、L30、L31 几个资源具有强抗旱性,建议在季节性干旱地区推广,同时为抗旱种质创新利用提供参考。而 L1、L2、L13、L15 几个资源抗旱性较弱,适合雨水较多的地区或水田种植。

参 考 文 献:

[1] 罗良国,任爱胜,王瑞梅,等.我国农业可持续发展的水危机及广泛开展节水农业前景初探[J].节水灌溉,2000,(5):6-9,12.

[2] 黄春燕,王 波.2011 年琼中县山兰稻试种情况分析 & 丰产优质栽培建议[J].农业科技通讯,2012,(8):199-201.

[3] 郑成木,黄东益,莫 饶,等.“热大 99W”序列早稻新品系农艺特征与抗旱特性的研究[J].热带作物学报,2000,21(4):52-58.

[4] 郑成本,陈 辉,黄东益.海南山栏稻农艺特征与抗旱生理特性研究[J].热带作物学报,1997,18(2):85-91.

[5] 刘维俊,徐立新,何美丹,等.干旱胁迫下山栏稻与栽培水稻品种苗期表型性状及生理差异[J].热带生物学报,2014,5(3):260-264.

[6] 莫 饶,郑成木.水分胁迫下稻作幼苗酯酶等同工酶的分析[J].热带作物学报,1999,20(4):32-37.

[7] 王贺正,马 均,李旭毅,等.水稻开花期抗旱性鉴定指标的筛选[J].作物学报,2005,31(11):1485-1489.

[8] 胡运高,王 志,黄廷友,等.水稻品种耐旱性鉴定的形态学评价指标研究[J].西南科技大学学报,2006,21(1):102-108.

[9] 王 毅.水稻抗旱性的主要鉴定指标及其抗旱相关基因的分子生物学研究进展[J].热带农业科学,2009,29(2):40-45.

[10] 佟 倩,沈 洋,纪薇薇,等.硅和磷配合施入对 Cd²⁺胁迫下水稻幼苗保护酶活性和脂质过氧化的影响[J].西北农业学报,2013,22(2):35-38.

[11] 吕凤山,侯建华.陆稻抗旱性主要指标的研究[J].华北农学报,1994,9(4):7-12.

[12] 李春艳,李 诚,艾尼瓦尔,等.春性饲草型小黑麦芽期抗旱性鉴定指标的确立[J].种子,2009,28(3):68-70.

[13] 孙军伟,冀天会,杨子光,等.玉米萌芽期抗旱性鉴定研究[J].中国农学通报,2009,25(3):104-107.

[14] 安永平.水稻抗旱性指标筛选及主要抗旱性状的遗传分析[D].北京:中国农业科学院,2006.

[15] 马廷臣,余蓉蓉,陈荣军,等.PEG-6000 模拟干旱对水稻幼苗根系的影响[J].中国生态农业学报,2010,18(6):1206-1211.

[16] 李成业,熊昌明,魏仙君.中国水稻抗旱研究进展[J].作物研究,2006,20(5):426-429,434.

[17] 张灿军,姚宇卿,王育红,等.早稻抗旱性鉴定方法与指标研究——Ⅰ 鉴定方法与评价指标[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):33-36.

[18] 王正功,胡颂平,周清明,等.巴西陆稻 IAPAR9 抗旱的根系性状[J].吉首大学学报(自然科学版),2005,26(3):95-100.

[19] 卢 布,周殿玺.稻抗旱机理的研究:早稻水稻根解剖结构比较[J].作物杂志,1994,(2):39.

[20] 景蕊莲,胡荣海.作物抗旱性的根系研究[J].国外农学:麦类作物,1995,(3):37-39.

[21] 王育红,吕军杰,张 洁,等.早稻抗旱性鉴定方法与指标研究——Ⅲ 全生育期抗旱性鉴定[J].干旱地区农业研究,2005,23(4):129-133.

[22] 景蕊莲.作物抗旱研究的现状与思考[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):79-85.