

# 利用DH系定位水稻苗期耐盐碱QTLs

马梦影<sup>1</sup>, 白玉<sup>2</sup>, 巩文靓<sup>2</sup>, 康雪蒙<sup>1</sup>, 段海燕<sup>1\*</sup>, 姜恭好<sup>2\*</sup>

(1. 黑龙江大学现代农业与生态环境学院, 哈尔滨 150080; 2. 黑龙江大学生命科学学院, 哈尔滨 150080)

**摘要:** 土地盐碱化面积逐年增加对水稻的生长及产量有着巨大的负面影响。深入发掘相关QTLs对培育耐盐碱水稻具有十分重要的意义和实际价值。为了研究控制耐盐碱性的QTLs, 本文对武育梗2号、珍汕97及以二者为亲本构建的DH系群体进行盐碱胁迫, 将结果同已检测到的QTLs比对发现存在位置相近的区段。本研究结果为耐盐碱水稻育种提供重要依据, 并为水稻其他生长阶段的耐盐碱性QTLs定位提供重要参考。

**关键词:** DH系; 耐盐碱; QTLs定位; 盐碱胁迫

中图分类号: S511; S184

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)02-0034-04

## Mapping QTLs for Salt-Alkali Tolerance in Rice Seedlings by Using DH Lines

MA Mengying<sup>1</sup>, BAI Yu<sup>2</sup>, GONG Wenjing<sup>2</sup>, KANG Xuemeng<sup>1</sup>, DUAN Haiyan<sup>1\*</sup>, JIANG Gonghao<sup>2\*</sup>

(1. College of Modern Agricultural and Ecological Environment, Heilongjiang University, Harbin 150080; 2. College of Life Sciences, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

**Abstract:** The increase of the saline-alkali land area year by year has a negative impact on the growth and yield of rice. An in-depth exploration of related QTLs is of great significance and practical value for the cultivation of rice salt-alkali tolerance. To study QTLs controlling salt-alkali tolerance, salt-alkali stress on Wuyujing 2, Zhenshan 97 and their DH lines were conducted, and the results were compared with the detected QTLs to find the regions with the similar locations. The results of this study provide important basis for breeding salt-alkali tolerant rice, and provide important reference for mapping salt-alkali tolerant QTLs in other growth stages of rice.

**Key words:** DH line; Salt-alkali tolerance; QTLs mapping; Salinity-alkalinity stress

水稻对盐碱不耐受<sup>[1]</sup>, 因此在盐碱环境下保障水稻的产量是水稻种植中面临的重要问题之一<sup>[2-3]</sup>。土地盐碱化趋势加剧对加快耐盐碱水稻育种进程提出了更高的要求<sup>[4-5]</sup>。育种难度大、选育效率偏低是当前表型育种面临的两大难题, 分子标记辅助育种(Molecular Marker-Assisted Selection, MAS)在选育时间和年限上均存在优势, 所以更适于水稻耐盐碱性改良育种<sup>[6]</sup>。尽管现已定位到许多水稻耐盐碱QTLs, 但由于构建群体所用的亲本品种与耐盐碱性判断标准不同, 其定位到的区段也不尽相同<sup>[5]</sup>。龚继明等<sup>[7]</sup>通过双单倍体

(Doubled Haploid, DH)系检测到8个QTLs均与存活天数有关, 同时发现了耐盐主效QTL *Std*; Prasad等<sup>[8]</sup>运用亲本IR64和Azucena构建DH系, 以种子萌发和幼苗活力为依据, 定位到7个QTLs; 汪斌等<sup>[9]</sup>利用H359和Acc8558为亲本衍生的重组自交系(Recombinant Inbred Lines, RIL)群体, 以水稻苗期Na<sup>+</sup>含量为判定标准检测到相关QTLs 13个; Wang等<sup>[10]</sup>建立IR29和韭菜青的RIL群体, 以发芽率为依据检测到16个相关QTLs; 邢军等<sup>[11]</sup>利用RIL群体检测到5个QTLs均与Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>相关; Sun等<sup>[12]</sup>利用东农425和长白10号杂交构成的F<sub>2,3</sub>和BC<sub>1</sub>F<sub>2,3</sub>群体, 以苗期长势、分蘖数量为标准分别检测到6个和3个相关的QTLs; Sabouri等<sup>[13]</sup>以苗期耐盐碱性和苗干重为指标定位到6个相关QTLs; Lin等<sup>[14]</sup>定位到3个相关QTLs, 随后Ren等<sup>[15]</sup>进一步在第1号染色体上分离出相关基因*SKCI*。

水稻的耐盐碱性由多个基因共同控制, 该性状会因时空差异而具有不同的表现<sup>[16-18]</sup>。因而找出水稻整个生长周期不同阶段的耐盐碱QTLs对

收稿日期: 2019-12-17

基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11551356); 黑龙江大学高层次人才(创新团队)支持计划(Htdt2010-18); 黑龙江大学横向项目(19037)

作者简介: 马梦影(1995-), 女, 在读硕士, 主要从事水稻分子遗传育种研究。

通讯作者: 段海燕, 女, 博士, 副教授, E-mail: 1144983024@qq.com  
姜恭好, 男, 博士, 教授, E-mail: jianggonghao@sina.com

于水稻耐盐碱机理的研究具有重要的意义。本研究针对水稻苗期这一重要的生长阶段,利用亲本为武育梗2号和珍汕97的DH系遗传群体进行了耐盐碱性QTLs的定位分析<sup>[19-21]</sup>。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

武育梗2号、珍汕97、以珍汕97和武育梗2号为亲本的101份DH系材料。

### 1.2 试验方法

将亲本及101份DH系水稻材料重新繁种后,利用当年新种进行苗期培养基种植耐盐碱试验及苗期耐盐碱QTLs定位分析。

#### 1.2.1 苗期耐盐碱性的鉴定

将武育梗2号和珍汕97的种子去壳,用75%的酒精冲洗5遍后用NaClO消毒液冲洗,而后蒸馏水漂洗15 min,于1/2 MS培养基中种植。对高尚等<sup>[22]</sup>的试验设计稍加改进,将NaCl设50、100、150、200、250、300 mM 6个浓度梯度;将Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>设5、15、25、35、45、55 mM 6个浓度梯度。当幼苗长至15 cm时分别移栽到添加不同浓度NaCl的MS培养基(盐培养基)和不同浓度Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的MS培养基(碱培养基)中进行胁迫处理,每个培养基种植10个单株。以正常培养基种植为对照。进行三次重复试验。确定最适胁迫浓度后,取武育梗2号、珍汕97和DH系材料的种子按上述方法进行消毒后种于1/2 MS培养基中。幼苗长至15 cm时移栽至最适胁迫浓度的盐、碱培养基中。每个培养基种10个单株。以两亲本死苗数量差异较大的两个时间为节点,即在盐胁迫第7天和第23天、碱胁迫第3天和第5天时,调查其死苗数<sup>[4, 23]</sup>,数据使用Excel 2010进行统计记录。

#### 1.2.2 盐碱伤害率的测定与QTLs定位

存活率(%)=(试验存活植株总数/试验种植植株总数)×100

本研究根据姜恭好教授在华中农业大学时所构建的遗传图谱进行分析。该DH群体的遗传图谱分布在水稻的12条染色体上,具有179个SSR标记,覆盖1 849.4 cM,平均距离11.07 cM。利用区间作图法检测其QTLs,设置LOD>2.0。QTLs命名原则遵循McCouch<sup>[24]</sup>的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 最适胁迫浓度的确定

根据浓度梯度试验,依照IRRI提出的盐碱危害症状分级标准<sup>[25]</sup>和祁栋灵<sup>[23]</sup>等的盐/碱危害指数计算方式,计算武育梗2号和珍汕97在等浓度盐碱胁迫条件下的盐碱危害指数。将两亲本的盐碱危害指数同上一浓度梯度的危害指数进行比对,选取差距最大的一组,即选取35 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>和250 mM NaCl为最适胁迫浓度,判断依据见表1。

表1 两种水稻在不同浓度的碱培养基、盐培养基中的盐/碱危害指数 %

碱胁迫浓度(mM)	武育梗2号	珍汕97	盐胁迫浓度(mM)	武育梗2号	珍汕97
5	11	33	50	11	11
15	11	33	100	11	33
25	26	56	150	33	33
35	56	78	200	33	56
45	78	100	250	56	78
55	100	100	300	78	78

### 2.2 水稻苗期耐盐碱性的性状分析

在培养基盐、碱胁迫下,亲本及DH系作图群体苗期耐盐碱性的分析结果见表2。

表2 苗期耐盐碱性的表型变异

处理	指标	亲本			作图群体		
		珍汕97	武育梗2号	平均值	标准差	变异范围(%)	变异系数
碱胁迫第3天	存活率	60.0	70.0	59.1	22.9	1~99	38.7
碱胁迫第5天	存活率	15.4	31.3	49.4	25.2	1~95	51.0
盐胁迫第7天	存活率	60.0	70.0	52.4	23.5	0~99	44.9
盐胁迫第23天	存活率	16.7	66.7	56.4	32.4	0~100	57.4

碱胁迫条件下,第3天,珍汕97和武育梗2号的存活率为60.0%和70.0%;第5天,珍汕97和武育梗2号存活率为15.4%和31.3%。盐胁迫条件下,第7天,珍汕97和武育梗2号的存活率为60.0%和70.0%;第23天,珍汕97和武育梗2号的存活率为

16.7%和66.7%;碱胁迫下,作图群体的存活率的变异范围为1%~99%和1%~95%,其平均值为59.1%和49.4%;盐胁迫下,作图群体的存活率的变异范围为0~99%和0~100%,其平均值为52.4%和56.4%。

在本试验条件下,水稻耐盐碱性的家系次数分

布情况均呈现出近似正态的连续分布,表明该群体中的耐盐碱性性状是由多基因控制的,符合作图要求。

### 2.3 QTLs 定位结果

#### 2.3.1 耐碱性 QTLs

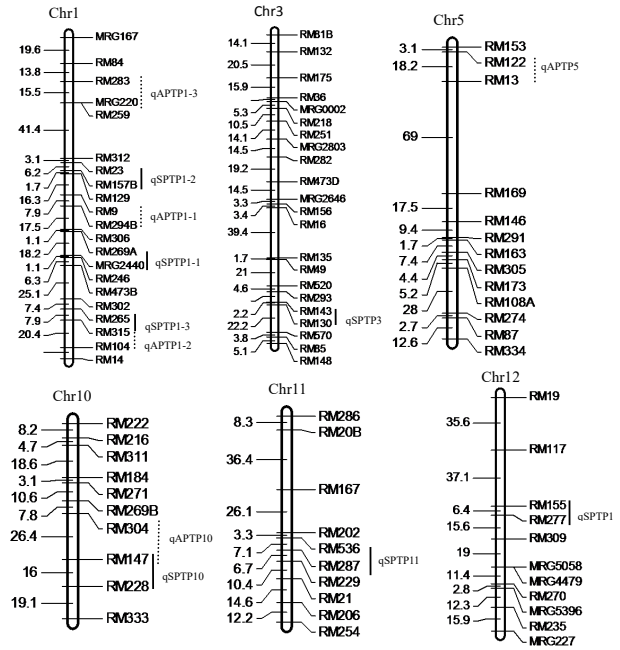
水稻耐碱性 QTLs 见表 3, QTLs 区间分布图见图 1, 苗期耐碱性 QTLs 区间分布如短竖虚线所示。

根据第 3 天存活率检测到与碱胁迫下水稻耐碱性相关的 QTLs 2 个, 均位于第 1 染色体上, 其相应的染色体区段分别为 RM9-RM294B 和 RM315-RM104, 对表型变异的贡献率为 10.58%~15.98%。

根据第 5 天存活率检测到与碱胁迫下水稻耐碱性相关的 QTLs 3 个, 分别位于第 1、5、10 染色体上, 其相应的染色体区段分别为 RM283-MRG220、RM122-RM13、RM304-RM147, 对表型变异的贡献率为 11.25%~13.07%。

#### 2.3.2 耐盐性 QTLs

水稻耐盐性 QTLs 见表 4, QTLs 区间分布图见图 1, 苗期耐盐性 QTLs 区间分布如短竖实线所示。



注: 染色体左侧为遗传距离, 右侧为 SSR 标记  
图 1 苗期耐碱性、耐盐性的 QTLs 区间分布图

表 3 苗期耐碱性 QTLs 位点分析及其遗传效应

数量性状位点	染色体	标记区间	阈值	加性效应	显性效应 (%)	贡献率 (%)
第 3 天存活率						
<i>qAFTP1-1</i>	1	RM9-RM294B	2.22	0.069 9	0.16	10.58
<i>qAFTP1-2</i>	1	RM315-RM104	4.44	0.085 9	0.00	15.98
第 5 天存活率						
<i>qAFTP1-3</i>	1	RM283-MRG220	3.05	0.082 5	0.02	11.25
<i>qAFTP5</i>	5	RM122-RM13	4.41	-0.088 9	0.00	13.07
<i>qAFTP10</i>	10	RM304-RM147	3.10	0.087 8	0.02	12.74

表 4 苗期耐盐性 QTLs 位点分析及其遗传效应

数量性状位点	染色体	标记区间	阈值	加性效应	显性效应 (%)	贡献率 (%)
第 7 天存活率						
<i>qSPTP1-1</i>	1	RM269A-MRG2440	3.15	0.079 7	0.02	10.93
<i>qSPTP3</i>	3	RM143-RM130	4.52	0.095 4	0.00	15.66
<i>qSPTP10</i>	10	RM147-RM228	2.27	0.073 7	0.14	9.35
第 23 天存活率						
<i>qSPTP1-2</i>	1	RM23-RM157B	4.40	0.188 3	0.00	22.03
<i>qSPTP1-3</i>	1	RM265-RM315	4.69	0.147 9	0.00	13.59
<i>qSPTP11</i>	11	RM536-RM287	4.41	-0.133 5	0.00	11.07
<i>qSPTP12</i>	12	RM155-RM277	3.32	-0.1226	0.01	9.34

根据第 7 天存活率检测到与盐胁迫下水稻耐盐性相关的 QTLs 3 个, 分别位于第 1、3、10 染色体上, 其相应的染色体区段分别为 RM269A-MRG2440、RM143-RM130、RM147-RM228, 对表型变异的贡献率为 9.35%~15.66%。

根据第 23 天存活率检测到与盐胁迫下水稻耐盐性相关的 QTLs 4 个, 分别位于第 1(2)、11、12

染色体上, 其相应的染色体区段分别为 RM23-RM157B、RM265-RM315、RM536-RM287、RM155-RM277, 对表型变异的贡献率为 9.34%~22.03%。

### 2.4 QTLs 位置近似区段比对分析

将本研究中获取的区段同之前研究中检测到的 QTLs 进行比对分析, 发现存在位置相近的区段。曲英萍<sup>[26]</sup>构建 RILs 群体, 以发芽率为判断依



据,盐胁迫条件下在第1号染色体上定位到的QTLs与本研究中的 $qSPTP1-2$ 位置相近。姚明哲<sup>[27]</sup>以水稻苗期盐害级别为判定依据,第1、5号染色体上检测到的2个相关QTLs与本研究中的 $qSPTP1-3$ 、 $qAFTP5$ 位置相类似。

### 3 讨论

水稻的生长情况会受到多方面因素的影响。本试验结合以往耐盐碱性研究<sup>[28]</sup>,对水稻幼苗的培育方式加以改进。利用培养基种植水稻可以最大限度消除与本试验无关环境因子带来的影响<sup>[29]</sup>,在移栽过程中保证水稻根系完整,以此来保证幼苗在盐碱条件下存活率影响因素的单一性。

水稻苗期对盐碱胁迫较为敏感,其耐盐碱性要弱于芽期<sup>[30]</sup>。因而定位水稻苗期耐盐碱性相关QTLs对提高水稻全生育期的耐盐碱性具有重要的意义。由于各性状间均有所关联,苗期的存活率和其他性状的关联性较高,因而可以作为水稻耐盐碱性的评定标准。本试验中定位到的 $qSPTP1-2$ 、 $qSPTP1-3$ 和 $qAFTP5$ 与曲英萍<sup>[26]</sup>、姚明哲<sup>[27]</sup>所定位到的QTLs位置相近。由此可以推测,虽然各研究使用的作图群体不同,但也可以在染色体相近的位置上定位到耐盐碱性相关的QTLs区段。本试验中定位到的其他位点同前人研究相比存在较大差异,这可能是由于所用材料、鉴定方法与标准存在差异,导致相同的基因被定位到不同的区间<sup>[31-32]</sup>。

水稻耐盐碱性是由多个基因控制的数量性状,仅仅依靠单个基因的改良很难在生产中获得耐盐碱性强的水稻品种。尽管现在已经鉴定到数百个耐盐碱性相关的QTLs,但目前的研究仍处于初步鉴定的阶段,其染色体区间跨度较大。要想将其应用于MAS育种,将现有研究成果进行总结,对相关QTLs分布密集的区域进行后续的基因精细定位和图位克隆是十分必要的。为在全生育期内提高水稻对盐碱地的适应能力,应进一步定位水稻各生长阶段耐盐碱QTLs位点,开展不同时期的水稻耐盐碱性研究。现有研究主要以水稻芽期的发芽率,苗期的存活率、存活天数、 $Na^+$ 含量、苗高度和分蘖数等因素为判定标准来检测与耐盐碱性相关的QTLs,未来应将水稻各生长阶段的表现性状联系起来进行QTLs分析与关联作图<sup>[33]</sup>,这些工作的开展对于耐盐碱水稻优良品种的构建和选育具有重要的指导意义和科研价值。

### 参考文献:

- [ 1 ] Ohta M, Hayashi Y, Nakashima A, et al. Introduction of a  $Na^+/H^+$  antiporter gene from *Atriplex gmelini* confers salt tolerance to rice[J]. FEBS letters, 2002,532(3):279-282.
- [ 2 ] Vinocur B, Altman A. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2005,16(2):123-132.
- [ 3 ] Kudo N, Sugino T, Oka M, et al. Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements[J]. Soil Science & Plant Nutrition, 2010,56(2):225-233.
- [ 4 ] 王秋菊,李明贤,赵宏亮,等. 黑龙江省水稻种质资源耐盐碱筛选与评价[J]. 作物杂志,2012,28(4):116-120.
- [ 5 ] 王志欣. 东北粳稻耐盐碱性种质筛选及相关性状的QTL定位[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012.
- [ 6 ] 薛文君,宋 丽,王爱东,等. 水稻品种选育中常用的分子标记概述[J]. 东北农业科学,2017,42(2):22-26.
- [ 7 ] 龚继明,何 平,钱 前,等. 水稻耐盐性QTL的定位[J]. 科学通报,1998(17):1847-1850.
- [ 8 ] Prasad S R, Bagali P G, Hittalmani S, et al. Molecular mapping of quantitative trait loci associated with seedling tolerance to salt stress in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Current Science, 2000,78(2):162-164.
- [ 9 ] 汪 斌,兰 涛,吴为人. 盐胁迫下水稻苗期 $Na^+$ 含量的QTL定位[J]. 中国水稻科学,2007,21(6):585-590.
- [ 10 ] Wang Z, Wang J, Bao Y, et al. Quantitative trait loci controlling rice seed germination under salt stress[J]. Euphytica, 2011,178(3):297-307.
- [ 11 ] 邢 军,常汇琳,王敬国,等. 盐、碱胁迫条件下粳稻 $Na^+$ 、 $K^+$ 浓度的QTL分析[J]. 中国农业科学,2015,48(3):604-612.
- [ 12 ] Sun J, Zou D T, Luan F S, et al. Dynamic QTL analysis of the  $Na^+$  content,  $K^+$  content, and  $Na^+/K^+$  ratio in rice roots during the field growth under salt stress[J]. Biologia Plantarum, 2014,58(4):689-696.
- [ 13 ] Sabouri H, Rezai A M, Moumeni A, et al. QTLs mapping of physiological traits related to salt tolerance in young rice seedlings[J]. Biologia Plantarum, 2009,53(4):657-662.
- [ 14 ] Lin H X, Zhu M Z, Yano M, et al. QTLs for  $Na^+$  and  $K^+$  uptake of the shoots and roots controlling rice salt tolerance[J]. Theoretical & Applied Genetics, 2004,108(2):253-260.
- [ 15 ] Ren Z H, Gao J P, Li L G, et al. A rice quantitative trait locus for salt tolerance encodes a sodium transporter[J]. Nature Genetics, 2005,37(10):1141-1146.
- [ 16 ] 马 波,刘传增,胡继芳,等. 寒地粳稻耐盐碱种质资源筛选[J]. 黑龙江农业科学,2011(1):6-8.
- [ 17 ] 单莉莉,赵海新,张淑华,等. 寒地水稻耐盐碱材料的初步分类与筛选[J]. 安徽农业科学,2009,37(24):11461-11463.
- [ 18 ] 刘宝海,宋福金,高存启,等. SRI与寒地水稻单本植栽培技术的比较分析[J]. 中国稻米,2004,10(4):32-33.
- [ 19 ] 刘谢香,常汝镇,关荣霞,等. 大豆出苗期耐盐性鉴定方法建立及耐盐种质筛选[J]. 作物学报,2020,46(1):1-8.
- [ 20 ] 冯钟慧,刘晓龙,姜昌杰,等. 吉林省粳稻种质萌发耐碱性和耐盐性综合评价[J]. 土壤与作物,2016,5(2):120-127.

接品种间亲缘关系有关,亲缘关系越近,砧穗亲和性越强,嫁接成活率越高,长势越好,这与李田等<sup>[12]</sup>对油茶的研究、陈哲等<sup>[13]</sup>对荔枝的研究结果一致,研究结果核桃与泡核桃属于亲缘最近两个种<sup>[14]</sup>的结论。

3种砧木嫁接苗生长趋势均为先快后慢的趋势,在生长速生期,加强嫁接苗苗期管理,有助于苗木质量的提高,对苗木生产中施肥时间的掌握有一定参考价值。

本文从砧木苗的出苗和生长情况,嫁接苗的萌芽、成活率和长势情况,为黔林核5号核桃良种扩繁砧木的选择提供理论依据,泡核桃最适宜,核桃次之,从生产成本考虑,核桃最适宜,也与目前生产中选用核桃为砧木实际情况一致。本研究初步筛选出适宜黔林核5号核桃良种的优良砧木,其栽植后对核桃产量、质量等方面的影响有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 欧茂华. 贵州省核桃种质资源及其利用评价[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(32): 15792-15793, 15870.
- [2] 王建义. 不同核桃砧木品种特性比较研究[J]. 山西农业大学学报, 2012, 32(6): 526-529.
- [3] 罗慧, 钟文才, 赵振华, 等. 不同核桃砧木在川中丘陵区的品种特性及嫁接亲和性[J]. 四川林业科技, 2017, 38(6): 27-30.
- [4] Greg T Browne, Joseph A Grant, Leigh S Schmidt, et al. Resistance to phytophthora and graft compatibility with Persian walnut among selections of Chinese wingnut[J]. Hortscience, 2011, 46(3): 371-376.
- [5] 陈海龙. 核桃优良砧木选育的研究[J]. 山西林业科技, 2010, 39(4): 22-24.
- [6] 马攀, 江锡兵, 吴开会. 不同砧木嫁接甜柿苗期生长生理特性及亲和性评价[J]. 林业科学研究, 2015, 28(4): 518-523.
- [7] 常君, 姚小华, 邵慰忠, 等. 薄壳山核桃不同砧木对嫁接成活率及生长指标的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(2): 56-60.
- [8] 马婷, 陈宏伟, 熊新武, 等. 砧木、接穗的选择对美国山核桃嫁接成活率及生长的影响[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(4): 141-143.
- [9] 杨巧云, 张晓申, 史喜兵, 等. 河南省核桃砧木筛选试验研究[J]. 农业科技通讯, 2013(2): 90-92, 104.
- [10] 李惠, 梁曼曼, 赵爽, 等. 不同砧木对‘绿岭’核桃生长和果实品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(6): 113-118.
- [11] 杨朗生, 杨平, 刘芙蓉, 等. 不同地径砧木对山桐子嫁接苗成活及生长特性的影响[J]. 经济林研究, 2017, 35(1): 97-102, 157.
- [12] 李田, 徐小强, 温强, 等. 浙江红花油茶芽苗砧选择及嫁接成效分析[J]. 南方林业科学, 2018, 46(4): 1-5, 50.
- [13] 陈哲, 胡福初, 范鸿雁, 等. 荔枝品种间亲缘关系与嫁接亲和相关性分析[J]. 分子植物育种, 2018, 16(24): 8111-8120.
- [14] 王滑, 阎亚波, 张俊佩, 等. 应用ITS序列及SSR标记分析核桃与铁核桃亲缘关系[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2009, 33(6): 35-38.
- [21] 徐芬芬, 罗雨晴. 混合盐碱胁迫对水稻种子萌发的影响[J]. 种子, 2012, 31(2): 85-87.
- [22] 高尚, 李红宇, 潘世驹, 等. 粳稻幼苗前期耐盐碱性鉴定方法研究[J]. 黑龙江农业科学, 2014(12): 36-39.
- [23] 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): 226-230.
- [24] McCouch S R. Report on QTL nomenclature[J]. Rice Genet. NewsL., 1997, 14: 11-13.
- [25] 田少华, 高明尉. 水稻耐盐育种研究进展[J]. 核农学通报, 1987(4): 5-9.
- [26] 曲英萍. 水稻耐盐碱性 QTLs 分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [27] 姚明哲. 太湖流域粳稻地方品种韭菜青耐盐性的遗传分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2002.
- [28] 姚明哲, 王建飞, 陈宏友, 等. 太湖流域粳稻地方品种韭菜青的苗期耐盐性遗传分析[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(6): 503-506.
- [29] 索艺宁, 张春可, 于乔乔, 等. 盐、碱胁迫下水稻苗期根数和根长的 QTL 分析[J]. 华北农学报, 2018, 33(5): 9-15.
- [30] 程广有, 许文会, 黄永秀. 植物耐盐碱性的研究(一)—水稻耐盐性与耐碱性相关分析[J]. 吉林林学院学报, 1996(4): 30-33.
- [31] 宋广树, 朱秀侠, 孙蕾, 等. 水稻品种长白9号的耐盐碱机理分析[J]. 东北农业科学, 2016, 41(2): 5-8.
- [32] 杨迪. 杂草稻耐盐碱相关性状的 QTL 定位[D]. 延吉: 延边大学, 2014.
- [33] 井文, 章文华. 水稻耐盐基因定位与克隆及品种耐盐性分子标记辅助选择改良研究进展[J]. 中国水稻科学, 2017, 31(2): 111-123.

(责任编辑:王昱)

(责任编辑:刘洪霞)