不同水稻品种花期耐旱性评价

李 松,张玉屏,朱德峰*,林贤青,陈惠哲,向 镜
(中国水稻研究所水稻生物学国家重点实验室,浙江 杭州 310006)

摘 要:以我国96个主导水稻品种为材料,于水稻开花期进行水分处理10d,研究水分胁迫下不同水稻品种与水稻产量构成因子的关系。结果表明,开花期水分胁迫对水稻每穗粒数影响不显著,结实率和千粒重有着不同程度的下降。根据水分胁迫指数将供试品种分为耐旱型(WSI < 0.0599)、中间型(0.0600 < WSI < 0.2599)和敏感型(WSI > 0.2600)3类。筛选出9个耐旱型品种,其中粳型常规水稻1个、籼型常规水稻1个、籼型两系杂交水稻2个、籼型三系杂交水稻5个。籼稻品种的耐旱性明显优于粳稻品种,来源于同一母本冈46A的冈优527、冈优188和冈优725在本试验中都表现出良好的耐旱性。

关键词:水稻;开花期;耐旱性;评价;产量
中图分类号:S511;Q948.78 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-7601(2013)03-0039-09

Drought resistance evaluation of different rice species at flowering stage

LI Song, ZHANG Yu-ping, ZHU De-feng*, LIN Xian-qing, CHEN Hui-zhe, XIANG Jing
(*National Key Laboratory of Rice Biology, China National Rice Research Institute, Hangzhou, Zhejiang* 310006, *China*)

Abstract: 96 main rice cultivars in China were studied under 10 days water stress at flowering stage in attempt to investigate the relations between different cultivars and yield components. The results showed that water stress made no significant difference in grain number per panicle but decreased seed-setting rate and 1000-grain weight compared to CK group. According to water stress index (WSI) these 96 main cultivars were divided into three groups: drought resistant type (WSI < 0.0599), mid-tolerance type(0.0600 < WSI < 0.2599), and drought sensitive type (WSI > 0.2600). Nine of drought resistant species were screened out, including one conventional japonica species, one conventional indica species, two two-line indica hybrid species, and five three-line indica hybrid species. The drought resistance of indica rice is obviously better than japonica rice. Derived from the same female parent Gang 46A, Gangyou 527, Gangyou 188, and Gangyou 725 showed satisfied capacity to resist drought in this study.

Keywords: rice; flowering stage; drought resistance; evaluation; yield

淡水资源匮乏是水稻栽培和生产面临的一个重大问题,特别是在降雨量偏低的地区[1],我国淡水资源仅是世界人均占有量的1/4,是世界上淡水资源短缺最严重的国家之一[2],农业用水占总用水量的80%,而水稻用水占农业用水的70%左右[3]。因此筛选出耐旱性强的高产水稻品种(组合),对提高水稻抗旱能力,确保水稻高产、稳产具有重要的意义[4]。水层灌溉稻作技术并不是维持水稻高产的必需因素[5-6],水稻需水包括生态需水和生理需水,生态需水是为水稻提供良好的生长环境,大多通过蒸发和渗透流失,这就为水稻节水栽培提供了理论依据。干旱在形态学、生理学和分子水平上影响水稻的生长,比如开花延迟、干物质积累量减少以及由于气孔关闭导致光合能力下降等[7]。水稻不同生育期干旱对产量及其构成因素影响不同[8-11],大量研究表明,开花期是对水分敏感的关键时期[12-14],此时期遭受水分胁迫将导致减产甚至绝收。产量下降与干旱胁迫的程度及时间的长短有着显著的关系[15-17]。

耐旱性鉴定指标包括产量指标、形态指标和生理生化指标等。王贺正[18]等利用10个水、旱稻品种(组合),在开花期水分胁迫条件下,通过对抗旱性

收稿日期:2012-11-28
基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203031);中国水稻产业体系项目(2011-2015)
作者简介:李 松(1987—),男,安徽灵璧人,硕士研究生,主要从事水稻超高产和节水栽培技术研究。E-mail:cnrrizyp@163.com。
* **通信作者**:朱德峰,研究员。E-mail:zhudf@mail.zj.hz.cn。

万方数据

有关的形态和生理指标进行了主成分分析。认为水稻开花期叶片脯氨酸含量、叶片相对含水量、气孔导度、叶面积等4项指标对水稻的抗旱性有显著影响，可作为水稻开花期抗旱性鉴定指标。严明建[19]等采用隶属函数法对25个水稻材料的形态指标进行了抗旱性综合评价，并依据隶属函数值，筛选出了8份强抗旱材料。符冠富等[20]通过干旱胁迫指数对籼稻近等基因系进行分级、评价。由于植物的多样性、生理过程的复杂性以及环境条件的易变性和综合性，形成了植物适应干旱方式的多样性，大部分单一抗旱评价指标都具有片面性，通过多个指标对作物的抗旱性进行综合评价，可以使评价的结果与实际结果较为接近。近年来，由于生产应用的水稻品种数量多、更新快，新品种对干旱环境变化适应性差，导致新品种的正常潜力没能在生产上很好地体现。栽培稻的抗旱性研究一直是稻作科学研究的重要课题之一，随着全球水资源日益匮乏和干旱的频繁发生，栽培稻的抗旱性研究显得越来越重要，因此研究品种间的抗旱性和鉴定抗旱品种是目前亟待解决的问题。本研究选用我国96个大面积推广应用的水稻栽培品种为材料，观察水分胁迫对水稻产量构成因子的影响，探讨水稻品种耐旱性与相关生理性状之间的关系，为水稻节水栽培和抗旱育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

选用我国96个大面积推广应用的水稻栽培品种(表1)。

1.2 试验设计

在2010年预备试验的基础上，2011年在中国水稻研究所试验场网室内进行盆栽试验，室顶为4 m高的防雨棚，棚内外温度相同，棚内光照为棚外的85%。5月20日播种，6月10日移栽，每盆移栽长势一致的秧苗2株。分蘖后期剪除小分蘖，保留大小一致的分蘖各6个。以开花期内3.5 cm浅水层为对照(CK)，保持田间最大持水量的70%为水分亏缺处理(WS)，在开花始期开始水分处理10 d。96个品种共192个处理，4次重复。除苗期控水外，其余时期CK保持3.5 cm浅水层，WS在控水时期内进行水分亏缺处理外，非控水时期与CK相同。

1.3 种植方法

采用塑料盆钵栽培，盆重0.7 kg，盆上25 cm×20 cm，盆底20 cm×16 cm，高28 cm。将土碾碎风干并混匀过筛，每盆装土10 kg。供试土壤为粘壤土，肥力水平中等偏上，有机质含量24.2 $g\cdot kg^{-1}$，含氮2.27 $g\cdot kg^{-1}$，速效磷9.6 $mg\cdot kg^{-1}$，速效钾66 $mg\cdot kg^{-1}$，容重为1.179 $g\cdot cm^{-3}$，田间饱和含水量35.16%。施纯氮10 $kg\cdot 666.7m^{-2}$，比例按基肥∶分蘖肥∶穗肥=5∶3∶2分施；钾肥15 $kg\cdot 666.7m^{-2}$；过磷酸钙30 $kg\cdot 666.7m^{-2}$。磷钾肥全部用作基肥。

1.4 水分控制方法

土壤重量含水量和体积含水量的关系在预备试验中建立，盆中土壤重量含水量达到最大持水量的70%时体积含水量约为38%。用土壤水分速测仪(Trime水分仪)每天15:00进行体积含水量测定，并根据所测数值和设定数值加水控制水分。

1.5 测定项目与方法

1.5.1 结实率及千粒重 将单穗分为实粒和空粒，考察结实率、单穗产量和千粒重。结实率=实粒数/总粒数。

1.5.2 水分胁迫指数 水分胁迫指数(WSI)=[1-水分胁迫下的平均结实率(A)/对照结实率(B)]/(所有供试品种A平均值/B平均值)。

1.5.3 统计分析 数据采用Excel和SPSS 16.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 花期水分胁迫对水稻产量及其构成因子的影响

从表2中可以看出，开花期水分胁迫下所有供试品种单穗产量均有不同程度的下降，其中铁粳7号、宁粳1号、玉香油占、新两优6380、Ⅱ优602等5个品种下降幅度较小，分别下降了0.90%、6.34%、4.22%、0.57%、6.42%。其它品种下降幅度较大，其中松粳6、龙粳18等29个品种单穗产量下降达25%以上。花期水分胁迫对每穗粒数影响不大，所有供试品种每穗粒数未因水分胁迫而显著上升或下降。水分处理下水稻品种千粒重都有不同程度的下降，平均下降3%，最高下降10%。龙稻5号、胜泰1号、金优527等59个品种下降显著，占供试品种的61%，其它品种下降不显著。花期水分胁迫影响最大的是水稻结实率，所有供试品种均有不同程度下降，平均下降16%，最高下降达30%。镇稻88、丰两优香1号、协优527等81个品种下降显著，达到供试品种的84%。玉香油占、冈优527、Ⅱ优162等15个品种下降不显著。

万方数据

表 1　供试品种名称、地区和类型

Table 1　The varieties, region and type of the test rice species

品种 Varieties	地区 Region	类型* Type	品种 Varieties	地区 Region	类型* Type
龙稻 5 号 Longdao 5	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	特籼占 25 Texianzhan 25	广东 Guangdong	Ⅲ
松粳 6 Songjing 6	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	湘晚籼 13 号 Xiangwanxian 13	湖南 Hunan	Ⅲ
松粳 9 Songjing 9	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	丰两优香一号 Fengliangyouxiang 1	安徽 Anhui	Ⅳ
龙粳 14 号 Longjing 14	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	新两优 6 号 Xinliangyou 6	安徽 Anhui	Ⅳ
龙粳 18 Longjing 18	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	丰两优 4 号 Fengliangyou 4	安徽 Anhui	Ⅳ
垦稻 12 Kendao 12	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	丰两优 1 号 Fengliangyou 1	安徽 Anhui	Ⅳ
空育 131 Kongyu 131	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	培杂泰丰 Peizataifeng	广东 Guangdong	Ⅳ
垦鉴稻 10 号 Kenjiandao 10	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	淮两优 527 Zhunliangyou 527	湖南 Hunan	Ⅳ
绥粳 7 Suijing 7	黑龙江 Heilongjiang	Ⅰ	新两优 6380 Xinliangyou 6380	江苏 Jiangsu	Ⅳ
辽粳 9 Liaojing 9	辽宁 Liaoning	Ⅰ	两优培九 Liangyoupeijiu	江苏 Jiangsu	Ⅳ
辽星 1 号 Liaoxing 1	辽宁 Liaoning	Ⅰ	Q 优 1 号 Q you 1	重庆 Chongqing	Ⅴ
盐丰 47 Yanfeng 47	辽宁 Liaoning	Ⅰ	Q 优 6 号 Q you 6	重庆 Chongqing	Ⅴ
沈农 265 Shennong 265	辽宁 Liaoning	Ⅰ	Ⅱ优航 2 号 Ⅱ youhang 2	福建 Fujian	Ⅴ
铁粳 7 号 Tiejing 7	辽宁 Liaoning	Ⅰ	特优航 2 号 Teyouhang 2	福建 Fujian	Ⅴ
富源 4 号 Fuyuan 4	吉林 Jilin	Ⅰ	Ⅱ优明 86 Ⅱ youming 86	福建 Fujian	Ⅴ
吉粳 88 Jijing 88	吉林 Jilin	Ⅰ	Ⅱ优航 1 号 Ⅱ youhang 1	福建 Fujian	Ⅴ
吉粳 83 Jijing 83	吉林 Jilin	Ⅰ	特优航 1 号 T youhang 1	福建 Fujian	Ⅴ
吉粳 102 Jijing 102	吉林 Jilin	Ⅰ	汕优 63 Shanyou 63	福建 Fujian	Ⅴ
淮稻 9 号 Huaidao 9	江苏 Jiangsu	Ⅰ	Ⅱ优 128 Ⅱ you 128	海南 Hainan	Ⅴ
镇稻 88 Zhendao 88	江苏 Jiangsu	Ⅰ	天优 998 Tianyou 998	广东 Guangdong	Ⅴ
武粳 15 Wujing 15	江苏 Jiangsu	Ⅰ	天优 122 Tianyou 122	广东 Guangdong	Ⅴ
太湖糯 Taihunuo	江苏 Jiangsu	Ⅰ	丰优 299 Fengyou 299	湖南 Hunan	Ⅴ
宁粳 1 号 Ningjing 1	江苏 Jiangsu	Ⅰ	金优 402 Jinyou 402	湖南 Hunan	Ⅴ
徐稻 3 号 Xudao 3	江苏 Jiangsu	Ⅰ	金优 463 Jinyou 463	湖南 Hunan	Ⅴ
武育粳 7 号 Wuyujing 7	江苏 Jiangsu	Ⅰ	岳优 9113 Yueyou 9113	湖南 Hunan	Ⅴ
徐稻 4 号 Xudao 4	江苏 Jiangsu	Ⅰ	威优 46 Weiyou 46	湖南 Hunan	Ⅴ
武育粳 3 号 Wuyujing 3	江苏 Jiangsu	Ⅰ	T 优 207 T you 207	湖南 Hunan	Ⅴ
扬辐粳 8 号 Yangfujing 8	江苏 Jiangsu	Ⅰ	Ⅱ优 084 Ⅱ you 084	江苏 Jiangsu	Ⅴ
武香粳 14 号 Wuxiangjing 14	江苏 Jiangsu	Ⅰ	淦鑫 688 Ganxin 688	江苏 Jiangsu	Ⅴ
豫粳 6 号 Yujing 6	河南 Henan	Ⅰ	中 9 优 85 Zhong 9 you 85	四川 Sichuan	Ⅴ
临稻 10 号 Lindao 10	山东 Shandong	Ⅰ	川香 2058 Chuanxiang 2058	四川 Sichuan	Ⅴ
临稻 11 号 Lindao 11	山东 Shandong	Ⅰ	协优 527 Xieyou 527	四川 Sichuan	Ⅴ
秀水 09 Xiushui 09	浙江 Zhejiang	Ⅰ	金优 527 Jinyou 527	四川 Sichuan	Ⅴ
嘉 991 Jia 991	浙江 Zhejiang	Ⅰ	D 优 527 D you 527	四川 Sichuan	Ⅴ
秀水 128 Xiushui 128	浙江 Zhejiang	Ⅰ	D 优 202 D you 202	四川 Sichuan	Ⅴ
秀水 123 Xiushui 123	浙江 Zhejiang	Ⅰ	Ⅱ优 7 号 Ⅱ you 7	四川 Sichuan	Ⅴ
楚粳 24 Chujing 24	云南 Yunnan	Ⅰ	Ⅱ优 602 Ⅱ you 602	四川 Sichuan	Ⅴ
楚粳 26 Chujing 26	云南 Yunnan	Ⅰ	Ⅱ优 162 Ⅱ you 162	四川 Sichuan	Ⅴ
楚粳 27 Chujing 27	云南 Yunnan	Ⅰ	冈优 725 Gangyou 725	四川 Sichuan	Ⅴ
丽粳 11 Lijing 11	云南 Yunnan	Ⅰ	冈优 188 Gangyou 188	四川 Sichuan	Ⅴ
宁粳 28 号 Ningjing 28	宁夏 Ningxia	Ⅰ	Ⅱ优 615 Ⅱ you 615	四川 Sichuan	Ⅴ
Ⅲ优 98 Ⅲ you 98	安徽 Anhui	Ⅱ	冈优 527 Gangyou 527	四川 Sichuan	Ⅴ
辽优 1052 Liaoyou 1052	辽宁 Liaoning	Ⅱ	一丰 8 号 Yifeng 8	四川 Sichuan	Ⅴ
辽优 5218 Liaoyou5218	辽宁 Liaoning	Ⅱ	川香 9838 Chuanxiang 9838	四川 Sichuan	Ⅴ
胜泰 1 号 Shengtai 1	广东 Guangdong	Ⅲ	中 9 优 288 Zhong 9 you 288	浙江 Zhejiang	Ⅴ
桂农占 Guinongzhan	广东 Guangdong	Ⅲ	中浙优 1 号 Zhongzheyou 1	浙江 Zhejiang	Ⅴ
玉香油占 Yuxiangyouzhan	广东 Guangdong	Ⅲ	内 2 优 6 号 Nei 2 you 6	浙江 Zhejiang	Ⅴ
油占 8 号 Youzhan 8	广东 Guangdong	Ⅲ	国稻 1 号 Guodao 1	浙江 Zhejiang	Ⅴ

注:Ⅰ:粳型常规水稻;Ⅱ:粳型三系杂交水稻;Ⅲ:籼型常规水稻;Ⅳ:籼型两系杂交水稻;Ⅴ:籼型三系杂交水稻。下同。

Note: Ⅰ: Conventional japonica rice; Ⅱ: Three-line japonica hybrid rice; Ⅲ: Conventional indica rice; Ⅳ: Two-line indica hybrid rice; Ⅴ: Three-line indica hybrid rice. Hereinafter the same.

万方数据

表2 花期水分胁迫对水稻品种结实的影响

Table 2 The effects of water stress on the seed-setting characters of different rice varieties at the flowering stage

品种 Varieties	每穗粒数 Grain number per panicle		结实率/% Seed-setting rate		千粒重/g 1000-grain weight		单穗产量/g Yield	
	CK	WS	CK	WS	CK	WS	CK	WS
龙稻5号 Longdao 5	174.6a	167.4a	88.73a	77.9b	21.37a	20.75b	3.31a	2.71b
松粳6 Songjing 6	139.8a	136.6a	68.71a	48.0b	25.38a	24.91a	2.44a	1.63b
松粳9 Songjing 9	128.4a	128.8a	63.19a	54.72b	23.26a	22.87a	1.89a	1.61b
龙粳14号 Longjing 14	88.7a	87.5a	83.96a	70.81b	24.24a	24.18a	1.81a	1.5
龙粳18 Longjing 18	124.4a	116.4a	71.83a	52.31b	26.17a	25.54a	2.34a	1.56b
垦稻12 Kendao 12	93.4a	97a	59.84a	36.13b	27.24a	25.76b	1.52a	0.9b
空育131 Kongyu 131	83.4a	84a	89.72a	74.1b	24.39a	23.27b	1.83a	1.45b
垦鉴稻10号 Kenjiandao 10	93a	94a	93.3a	77.1b	21.46a	21.09a	1.86a	1.53b
绥粳7 Suijing 7	95.6a	91.4a	51.36a	40.29b	26.19a	26.19b	1.29a	0.97b
辽粳9 Liaojing 9	191a	189.2a	80.01a	57.06b	21.81a	20.92a	3.33a	2.26b
辽星1号 Liaoxing 1	208.8a	226.8a	71.9a	47.43b	19.41a	19.41a	2.91a	2.09b
盐丰47 Yanfeng 47	182.2a	174.8a	81.35a	77.19a	23.51a	22.79b	3.49a	3.08b
沈农265 Shennong 265	167a	165.8a	79.53a	62.81b	21.82a	19.85b	2.9a	2.07b
铁粳7号 Tiejing 7	146.9a	161a	84.19a	77.98b	24.03a	23.46b	2.97a	2.95a
富源4号 Fuyuan 4	109.4a	109.6a	72.36a	57.48b	24.79a	24.22a	1.96a	1.53b
吉粳88 Jijing 88	157.4a	155.4a	79.74a	70.56b	21.17a	20.75a	2.61a	2.32b
吉粳83 Jijing 83	112.5a	102.1a	54.44a	42.13b	23.52a	23.51a	1.44a	1.01b
吉粳102 Jijing 102	74.9a	76.6a	85.72a	75.29b	22.98a	22.6b	1.48a	1.3b
淮稻9号 Huaidao 9	170.4a	185.6a	63.74a	41.84b	25.15a	24.3b	2.73a	1.89b
镇稻88 Zhendao 88	179.8a	183.6a	80.31a	64.6b	22.33a	21.13b	3.23a	2.51b
武粳15 Wujing 15	135.2a	134.2a	84.05a	69.54b	25.02a	24.49b	2.84a	2.29b
太湖糯 Taihunuo	138.4a	133.4a	96.73a	78.46b	23.51a	23.25a	3.15a	2.43b
宁粳1号 Ningjing 1	115.2a	113.2a	84.96a	83.24a	23.63a	23b	2.31a	2.17a
徐稻3号 Xudao 3	166.6a	162.4a	68a	51.09b	22.81a	22.23b	2.58a	1.85b
武育粳7号 Wuyujing 7	118.4a	120.2a	93.3a	85.71b	26.28a	25.76b	2.9a	2.65b
徐稻4号 Xudao 4	211.5a	208a	72.44a	50.3a	23.79a	23.02b	3.65a	2.41b
武育粳3号 Wuyujing 3	150.2a	147.2a	81.22a	69.13b	25.56a	25.16a	3.12a	2.56b
扬辐粳8号 Yangfujing 8	176.2a	176.6a	62.67a	52.79b	23.53a	23.01b	2.6a	2.15b
武香粳14号 Wuxiangjing 14	140a	143.4a	85.08a	78.09b	23.78a	23.02b	2.83a	2.58b
豫粳6号 Yujing 6	181.2a	167.6a	75.25a	53.99b	23.39a	22.29b	3.19a	2.02b
临稻10号 Lindao 10	139a	137a	69.4a	41.28b	21.75a	21.19b	2.1a	1.2b
临稻11号 Lindao 11	155.3a	151.8a	62.81a	43.27b	24.49a	22.19b	2.39a	1.46b
秀水09 Xiushui 09	129.3a	126.5a	75.65a	52.65b	26.34a	25.99b	2.58a	1.73b
嘉991 Jia 991	155.8a	153.6a	91.77a	86.36b	24.66a	23.71b	3.53a	3.15b
秀水128 Xiushui 128	170.4a	157.8a	93.13a	80.28b	21.57a	19.3b	3.42a	2.45b
秀水123 Xiushui 123	163.6a	159.6a	92.39a	78.96b	21.81a	20.24b	3.3a	2.55b
楚粳24 Chujing 24	146.6a	134.2a	84.88a	78.56a	23.57a	23.17a	2.93a	2.44b
楚粳26 Chujing 26	175.6a	175.4a	74.6a	53.5b	25.32a	25.01a	3.32a	2.35b
楚粳27 Chujing 27	228.5a	220.8a	72.27a	53.73b	20.25a	20.06a	3.34a	2.44b
丽粳11 Lijing 11	213.1a	203.9a	66.95a	57.33b	23.71a	23.69a	3.38a	2.77b
宁粳28号 Ningjing 28	200a	191.8a	69.33a	42.95b	25.35a	23.51b	3.52a	1.94
Ⅲ优98 Ⅲ you 98	300.6a	289.9a	70.8a	65.97a	20.43a	19.65b	4.35a	3.76b
辽优1052 Liaoyou 1052	223.6a	206.3a	64.22a	57.74a	20.69a	19.19b	2.97a	2.29b
辽优5218 Liaoyou 5218	202.5a	195.3a	73.05a	62.74b	22.57a	21.47b	3.34a	2.63b
胜泰1号 Shengtai 1	253.3a	257.6a	66.43a	53.37b	19.98a	18.26b	3.36a	2.51b
桂农占 Guinongzhan	259.8a	255.3a	75.67a	68.92b	17.91a	17.84a	3.52a	3.14b
玉香油占 Yuxiangyouzhan	289a	288.6a	80.5a	79.32a	19.37a	18.86a	4.51a	4.32a

万方数据

表 2 续

品种 Varieties	每穗粒数 Grain number per panicle		结实率/% Seed-setting rate		千粒重/g 1000-grain weight		单穗产量/g Yield	
	CK	WS	CK	WS	CK	WS	CK	WS
油占 8 号 Youzhan 8	246.6a	253.4a	87.85a	81.08b	14.11a	13.68a	3.06a	2.81b
特籼占 25 Texianshan 25	236a	239.3a	78.43a	69.68b	19.17a	19.01a	3.55a	3.17b
湘晚籼 13 号 Xiangwanxian 13	234.4a	229.4a	75.08a	53.9b	23.57a	22.75b	4.15a	2.81b
丰两优香一号 Fengliangyouxiang 1	269.4a	272.1a	85.87a	71.73b	23.44a	22.38a	5.42a	4.37b
新两优 6 号 Xinliangyou 6	274.4a	264.2a	67.72a	59.19b	22.54a	22.32a	4.15a	3.53b
丰两优 4 号 Fengliangyou 4	244a	215.8a	79.18a	75.33a	24.73a	21.87b	4.78a	3.56b
丰两优 1 号 Fengliangyou 1	197a	189a	77.79a	62.33b	23.66a	21.72b	3.63a	2.56b
培杂泰丰 Peizataifeng	263a	269a	65.25a	59.91b	16.88a	16.82a	2.9a	2.71a
淮两优 527 Zhunliangyou 527	158.6a	159.6a	87.23a	73.69b	28.88a	28.31b	4a	3.33b
新两优 6380 Xinliangyou 6380	213.5a	223.1a	78.16a	77.29a	23.97a	23.61a	4.1a	4.07a
两优培九 Liangyoupeijiu	277.1a	256.4a	71.86a	57.44b	22.33a	21.39b	4.45a	3.15b
Q 优 1 号 Q you 1	289.2a	282.8a	82.26a	60.7b	23.05a	21.32b	5.48a	3.66b
Q 优 6 号 Q you 6	236a	213.8a	78.5a	63.47b	26.57a	25.2b	4.92a	3.42b
Ⅱ优航 2 号 Ⅱ youhang 2	258a	284.4a	81.98a	73.72b	25.47a	25.07a	5.39a	5.26a
特优航 2 号 Teyouhang 2	263a	259a	85.24a	76.15b	26.99a	24.78b	6.05a	4.89b
Ⅱ优明 86 Ⅱ youming 86	212.5a	210.5a	83.96a	71.46b	23.82a	23.8a	4.25a	3.58b
Ⅱ优航 1 号 Ⅱ youhang 1	221.4a	214.5a	80.18a	71.14b	25.96a	25.93a	4.61a	3.96b
特优航 1 号 T youhang 1	264a	251.7a	76.98a	67.15b	29.53a	28.03b	6a	4.74b
汕优 63 Shanyou 63	262.6a	244.6a	89.04a	80.01b	25.81a	24.63b	6.04a	4.82b
Ⅱ优 128 Ⅱ you 128	204a	207a	83.46a	70.56b	24.6a	23.53b	4.19a	3.44b
天优 998 Tianyou 998	135.7a	134.6a	72.32a	51.11b	24.92a	24.33b	2.45a	1.67b
天优 122 Tianyou 122	215.3a	228a	78.91a	63.76b	22.28a	21.67b	3.79a	3.15b
丰优 299 Fengyou 299	254.4a	237.7a	75.59a	66.97b	24.08a	23.35b	4.63a	3.72b
金优 402 Jinyou 402	206.6a	213.2a	82.4a	63.63b	23.72a	22.99b	4.04a	3.12b
金优 463 Jinyou 463	205.8a	179.4a	81.39a	77.27a	25.97a	25.25b	4.35a	3.5b
岳优 9113 Yueyou 9113	240a	236.2a	74.32a	62.57b	21.64a	21.29a	3.86a	3.15b
威优 46 Weiyou 46	225.4a	219.6a	81.37a	74.22b	25.73a	25.26a	4.72a	4.12b
T 优 207 T you 207	256a	251.8a	76.7a	72.16a	21.54a	21.04b	4.23a	3.82b
Ⅱ优 084 Ⅱ you 084	222.9a	210.1a	84.68a	68.37b	24.21a	23.83a	4.57a	3.42b
淦鑫 688 Ganxin 688	262.3a	263.8a	75.35a	66.36b	22.7a	22.01b	4.49a	3.85b
中 9 优 85 Zhong 9 you 85	268.8a	262.3a	75.92a	63.69b	22.27a	22.16a	4.55a	3.7b
川香 2058 Chuanxiang 2058	304.5a	302.9a	65.74a	57.39b	26.86a	25.81b	5.38a	4.49b
协优 527 Xieyou 527	149a	160.3a	76.76a	52.55b	29.26a	29.13a	3.33a	2.47b
金优 527 Jinyou 527	258.8a	252.4a	75.21a	62.91b	25.33a	23.88b	4.93a	3.79b
D 优 527 D you 527	234.6a	237.8a	79.41a	63.03b	25.24a	25.16a	4.7a	3.77b
D 优 202 D you 202	295.4a	262.5a	77.94a	66.3b	24.97a	24.95a	5.75a	4.34b
Ⅱ优 7 号 Ⅱ you 7	233.4a	226.2a	89.15a	73.7b	27.13a	25.71b	5.65a	4.29b
Ⅱ优 602 Ⅱ you 602	182.3a	192a	82.95a	74.59b	26.28a	25.96b	3.97a	3.72a
Ⅱ优 162 Ⅱ you 162	176a	174.6a	87.63a	84.85a	28.51a	26.12b	4.4a	3.87b
冈优 725 Gangyou 725	209.6a	204.9a	82.9a	78.99a	24.35a	23.45b	4.23a	3.8b
冈优 188 Gangyou 188	287.2a	282.2a	76.38a	72.84a	25.67a	25.11b	5.63a	5.16b
Ⅱ优 615 Ⅱ you 615	262.8a	236.5a	77.8a	71.81b	28.3a	27.37b	5.79a	4.65b
冈优 527 Gangyou 527	219.6a	215a	75.51a	73.87a	27.96a	26.96b	4.64a	4.28b
一丰 8 号 Yifeng 8	208a	202a	68.26a	57.91b	28.79a	28.46a	4.09a	3.33b
川香 9838 Chuanxiang 9838	295.8a	275.8a	77.91a	68.4b	27.27a	25.51b	6.29a	4.81b
中 9 优 288 Zhong 9 you 288	238.8a	226a	87.51a	83.46a	21.39a	20.89b	4.47a	3.94b
中浙优 1 号 Zhongzheyou 1	194.6a	192.3a	80.97a	72.99b	22.71a	21.74b	3.58a	3.05b
内 2 优 6 号 Nei 2 you 6	213.6a	200.2a	68.58a	57.2b	27.93a	27.46b	4.09a	3.15b
国稻 1 号 Guodao 1	249.1a	247.2a	73.9a	63.72b	23.27a	23.17a	4.27a	3.67b

注:同一行中同一性状数据后跟相同小写字母表示在 0.05 水平上差异不显著。

Note: The same small letters within same line indicate no significant difference at the 0.05 level.

万方数据

2.2 水稻品种水分胁迫指数与结实性状的相关性

从以上分析结果可知本试验中对水稻产量影响最大的就是结实率的下降，因此可以用结实率的下降程度表示水分胁迫指数。

从图1可看出，各水稻品种水分胁迫指数与各个材料常规栽培下的每穗总粒数和结实率极显著相关(图1A,C)，而与千粒重相关不显著(图1B)。此外，水分胁迫指数与各个材料处理后的结实率也呈极显著相关(图1D)。

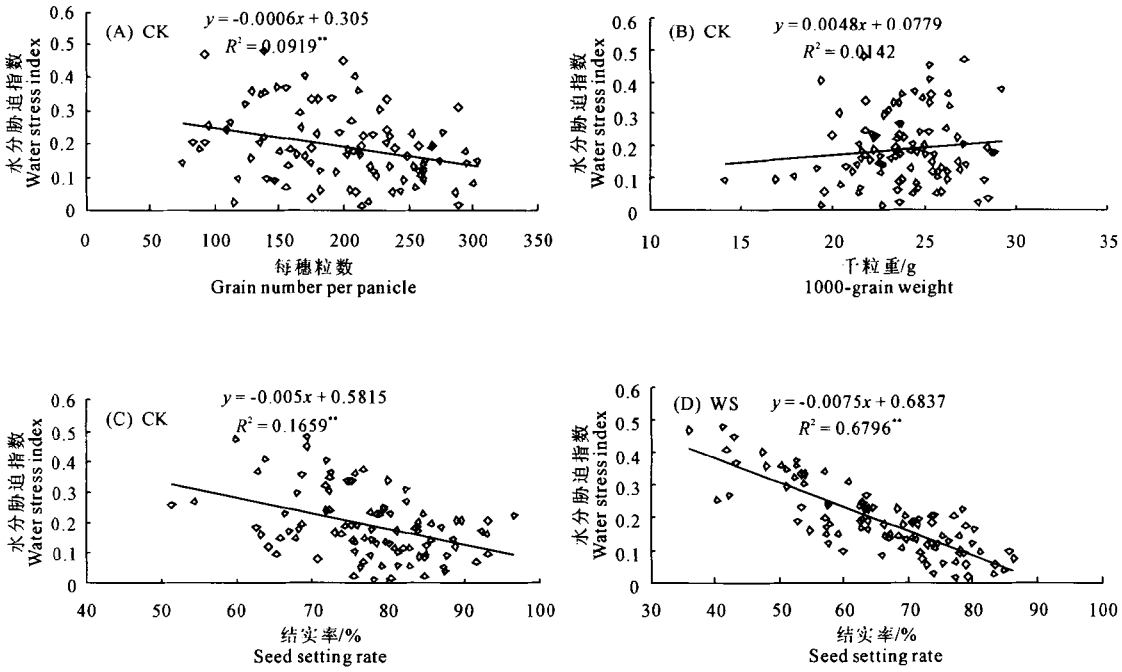

图1 水稻品种水分胁迫指数与其结实性状的关系

Fig.1 Correlations between the water stress indexes of the rice varieties and their seed-setting characteristics

2.3 水稻品种耐旱性与品种类型及其亲本来源的关系

为了方便评价各供试品种的花期耐旱性，按水分胁迫指数(*WSI*)将各品种划分3个等级，第一等级为耐旱型(*WSI* < 0.0599)；第二等级为中间型(0.0600 < *WSI* < 0.2599)；第三等级为敏感型(*WSI* > 0.2600)。

96个供试品种包括粳型常规水稻、粳型三系杂交水稻、籼型常规水稻、籼型两系杂交水稻和籼型三系杂交水稻5个类型。本试验中有9个耐旱型(*WSI* < 0.0599)品种，其中粳型常规水稻1个、籼型常规水稻1个、籼型两系杂交水稻2个、籼型三系杂交水稻5个。从图2中可以看出，粳型常规水稻平均水分胁迫指数高于籼型三系杂交水稻，粳稻平均水分胁迫指数高于籼稻。总的来说，籼稻耐旱性表现要好于粳稻。由于本试验中粳型三系杂交水稻、籼型常规水稻和籼型两系杂交水稻供试材料较少，其品种类型间水分胁迫指数高低还需要进一步研究。

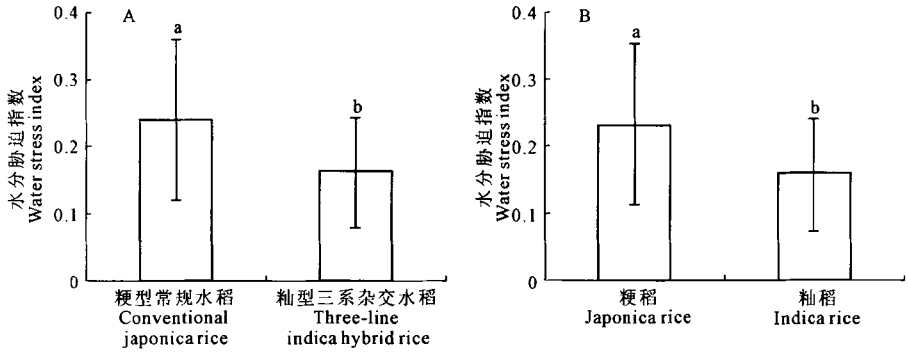

图2 不同水稻品种水分胁迫指数

Fig.2 The water stress indexes of different rice species

万方数据

来源于同一母本冈 46A 的冈优 527、冈优 188 和冈优 725 在本试验中都表现出良好的耐旱性,来源于同一父本蜀恢 527 的冈优 527、一丰 8 号、淮两优 527、金优 527、D 优 527 和协优 527 则表现出较强的耐旱性差异。其中冈优 527 为耐旱型,协优 527 为敏感型,其它为中间型,说明母本特性在杂交稻品种的耐旱性中优于父本。但同时来源于同一母本Ⅱ-32A 的Ⅱ优 162、Ⅱ优 615、Ⅱ优航 2 号、Ⅱ优 602、Ⅱ优航 1 号、Ⅱ优明 86、Ⅱ优 128、Ⅱ优 7 号和Ⅱ优 084 等也有一定的耐旱性差异,其中Ⅱ优 162 为耐旱型,其它为中间型。

表 3　供试品种、母本、父本、类型和水分胁迫指数

Table 3　The varieties, female parent, male parent, type and WSI of the test species

品种 Varieties	母本 Female parent	父本 Male parent	类型 Type	水分胁迫指数 *WSI*
龙稻 5 号 Longdao 5	牡丹江 22 号	龙粳 8 号	Ⅰ	0.1449
松粳 6 Songjing 6	辽粳 5 号	合江 20 号	Ⅰ	0.3578
松粳 9 Songjing 9	五优稻 1 号	通 306	Ⅰ	0.1591
龙粳 14 号 Longjing 14	龙粳 4 号	玉米黑 301	Ⅰ	0.1859
龙粳 18 Longjing 18	龙花 90-254	龙花 91-340	Ⅰ	0.3225
垦稻 12 Kendao 12	垦稻 10 号	垦稻 8 号	Ⅰ	0.4703
空育 131 Kongyu 131	空育 110	道北 36	Ⅰ	0.2066
垦鉴稻 10 号 Kenjiandao 10	空育 131	菰	Ⅰ	0.2061
绥粳 7 Suijing 7	牡丹江 19 号	绥 93-6032	Ⅰ	0.2558
辽粳 9 Liaojing 9	辽粳 294	辽粳 454	Ⅰ	0.3405
辽星 1 号 Liaoxing 1	辽粳 454	沈农 9017	Ⅰ	0.4039
盐丰 47 Yanfeng 47	AB005S	丰锦/辽粳 5 号	Ⅰ	0.0607
沈农 265 Shennong 265	辽粳 326	1308/02428	Ⅰ	0.2495
铁粳 7 号 Tiejing 7	辽粳 207	78-T37/辽粳 244	Ⅰ	0.0875
富源 4 号 Fuyuan 4	31116S 等	超产 1 号/超产 2 号	Ⅰ	0.2441
吉粳 88 Jijing 88	奥羽 346	长白 9 号	Ⅰ	0.1366
吉粳 83 Jijing 83	东北 141	D4-41	Ⅰ	0.2684
吉粳 102 Jijing 102	超产 2 号	吉香 1 号	Ⅰ	0.1444
淮稻 9 号 Huaidao 9	淮 9712	—	Ⅰ	0.4078
镇稻 88 Zhendao 88	月之光	Apr-07	Ⅰ	0.2322
武粳 15 Wujing 15	早丰 9 号/春江 03 粳	武运粳 7 号	Ⅰ	0.2049
太湖糯 Taihunuo	祥湖 24	紫金糯	Ⅰ	0.2242
宁粳 1 号 Ningjing 1	武运粳 8 号	W3668	Ⅰ	0.0240
徐稻 3 号 Xudao 3	镇稻 88	台湾稻 C	Ⅰ	0.2952
武育粳 7 号 Wuyujing 7	嘉 48/香糯 9121	丙 815	Ⅰ	0.0966
徐稻 4 号 Xudao 4	镇稻 88	徐 41293	Ⅰ	0.3628
武育粳 3 号 Wuyujing 3	中丹 1 号/79-51	中丹 1 号/扬粳 1 号	Ⅰ	0.1767
扬辐粳 8 号 Yangfujing 8	扬粳 94-18	镇香 24	Ⅰ	0.1871
武香粳 14 号 Wuxiangjing 14	京 58	48-5/254-13/武香粳 9 号	Ⅰ	0.0975
豫粳 6 号 Yujing 6	新稻 85-12	郑粳 81754	Ⅰ	0.3353
临稻 10 号 Lindao 10	临 89-27-1	日本晴	Ⅰ	0.4809
临稻 11 号 Lindao 11	镇稻 88	—	Ⅰ	0.3692
秀水 09 Xiushui 09	秀水 110/嘉粳 2717	秀水 110	Ⅰ	0.3609
嘉 991 Jia 991	武运粳 7 号	嘉 62/水晶 1 号	Ⅰ	0.0700
秀水 128 Xiushui 128	丙 98-101/R9936	HK21	Ⅰ	0.1638
秀水 123 Xiushui 123	HK21	K9941	Ⅰ	0.1725
楚粳 24 Chujing 24	合系 2 号	楚粳 14 号	Ⅰ	0.0884
楚粳 26 Chujing 26	楚粳 2 号/768/云玉 1 号	合系 30 号	Ⅰ	0.3357
楚粳 27 Chujing 27	楚粳 22 号	合系 39 号	Ⅰ	0.3045
丽粳 11 Lijing 11	滇粳优 2 号	丽 2/合系 41 号	Ⅰ	0.1705
宁粳 28 号 Ningjing 28	山引 1 号	花 21	Ⅰ	0.4516
Ⅲ优 98 Ⅲ you 98	MH2003A	R18	Ⅱ	0.0810
辽优 1052 Liaoyou 1052	105A	C52	Ⅱ	0.1198
辽优 5218 Liaoyou 5218	辽 5216A	C418	Ⅱ	0.1675

万方数据

表3续

品种 Varieties	母本 Female parent	父本 Male parent	类型 Type	水分胁迫指数 *WSI*
胜泰1号 Shengtai 1	胜优2号	泰引1号	Ⅲ	0.2333
桂农占 Guinongzhan	广农占/新澳占	金桂占	Ⅲ	0.1059
玉香油占 Yuxiangyouzhan	TY36/IR64	IR64	Ⅲ	0.0174
油占8号 Youzhan 8	澳粳占	—	Ⅲ	0.0915
特籼占25 Texianshan 25	特青2号	粳籼89	Ⅲ	0.1324
湘晚籼13号 Xiangwanxian 13	湘晚籼5号	湘晚籼6号	Ⅲ	0.3348
丰两优香1号 Fengliangyouxiang 1	广占63S	丰香恢1号	Ⅳ	0.1954
新两优6号 Xinliangyou 6	新安S	安选6号	Ⅳ	0.1495
丰两优4号 Fengliangyou 4	丰39S	盐稻4号选	Ⅳ	0.0577
丰两优1号 Fengliangyou 1	广占63S	34274	Ⅳ	0.2359
培杂泰丰 Peizataifeng	培矮64S	泰丰占	Ⅳ	0.0971
淮两优527 Zhunliangyou 527	淮S	蜀恢527	Ⅳ	0.1842
新两优6380 Xinliangyou 6380	03S	D208	Ⅳ	0.0132
两优培九 Liangyoupeijiu	培矮64S	Nov－93	Ⅳ	0.2382
Q优1号 Q you 1	115A	绵恢725	Ⅴ	0.3111
Q优6号 Q you 6	Q2A	R1005	Ⅴ	0.2273
Ⅱ优航2号 Ⅱ youhang 2	Ⅱ－32A	航2号	Ⅴ	0.1196
特优航2号 Teyouhang 2	龙特甫A	航2号	Ⅴ	0.1266
Ⅱ优明86 Ⅱ youming 86	Ⅱ－32A	明恢86	Ⅴ	0.1767
Ⅱ优航1号 Ⅱ youhang 1	Ⅱ－32A	航1号	Ⅴ	0.1338
特优航1号 T youhang 1	龙特甫A	航1号	Ⅴ	0.1516
汕优63 Shanyou 63	珍汕97A	明恢63	Ⅴ	0.1204
Ⅱ优128 Ⅱ you 128	Ⅱ－32A	R1288	Ⅴ	0.1835
天优998 Tianyou 998	天丰A	广恢998	Ⅴ	0.3481
天优122 Tianyou 122	天丰A	广恢122	Ⅴ	0.2279
丰优299 Fengyou 299	丰源A	湘恢299	Ⅴ	0.1354
金优402 Jinyou 402	金23A	R402	Ⅴ	0.2704
金优463 Jinyou 463	金23A	To463	Ⅴ	0.0601
岳优9113 Yueyou 9113	岳4A	岳恢9113	Ⅴ	0.1877
威优46 Weiyou 46	威20A	密阳46	Ⅴ	0.1043
T优207 T you 207	T98A	先恢207	Ⅴ	0.0703
Ⅱ优084 Ⅱ you 084	Ⅱ－32A	镇恢084	Ⅴ	0.2286
淦鑫688 Ganxin 688	天丰A	昌恢121	Ⅴ	0.1416
中9优85 Zhong 9 you 85	中9A	蒲恢85	Ⅴ	0.1912
川香2058 Chuanxiang 2058	川香29A	QN2058	Ⅴ	0.1508
协优527 Xieyou 527	协青早A	蜀恢527	Ⅴ	0.3744
金优527 Jinyou 527	金23A	蜀恢527	Ⅴ	0.1941
D优527 D you 527	D62A	蜀恢527	Ⅴ	0.2448
D优202 D you 202	D62A	蜀恢202	Ⅴ	0.1773
Ⅱ优7号 Ⅱ you 7	Ⅱ－32A	泸恢17	Ⅴ	0.2057
Ⅱ优602 Ⅱ you 602	Ⅱ－32A	泸恢602	Ⅴ	0.1196
Ⅱ优162 Ⅱ you 162	Ⅱ－32A	蜀恢162	Ⅴ	0.0377
冈优725 Gangyou 725	冈46A	绵恢725	Ⅴ	0.0560
冈优188 Gangyou 188	冈46A	乐恢188	Ⅴ	0.0550
Ⅱ优615 Ⅱ you 615	Ⅱ－32A	泸恢615	Ⅴ	0.0914
冈优527 Gangyou 527	冈46A	蜀恢527	Ⅴ	0.0258
一丰8号 Yifeng 8	K22A	蜀恢527	Ⅴ	0.1800
川香9838 Chuanxiang 9838	川香29A	辐恢838	Ⅴ	0.1449
中9优288 Zhong 9 you 288	中9A	R288	Ⅴ	0.0549
中浙优1号 Zhongzheyou 1	中浙A	航恢570	Ⅴ	0.1170
内2优6号 Nei 2 you 6	内香2A	中恢8006	Ⅴ	0.1970
国稻1号 Guodao 1	中9A	中恢8006	Ⅴ	0.1635

注：—表示无父本，从母本自然变异株系选育而成的新品种。

Note: — indicates no male parent, the new varieties breed from natural mutation variants of female parent.

万方数据

3 讨　论

3.1 花期水分胁迫对水稻品种结实的影响

水稻产量构成因子在不同生育时期对水分敏感程度不同,分蘖期水分胁迫减少有效穗数、幼穗分化期水分胁迫减少每穗粒数和千粒重、开花期水分胁迫减少结实率和千粒重[10-11]。本试验研究表明,花期水分胁迫对水稻的影响主要表现为结实率的下降,其次是水分胁迫导致水稻籽粒灌浆受阻引起千粒重的降低。部分水稻品种千粒重下降到显著水平,可能是由于水分胁迫导致库容变小、以及光合作用减弱导致碳水化合物合成减少引起灌浆不充实所致[20]。另一部分水稻品种千粒重下降不显著可能是由于这些品种具有很强的复水效应,在水分胁迫处理结束之后通过补偿效应增加灌浆,从而使千粒重没有明显下降[21]。

3.2 水稻品种水分胁迫指数与结实性状的相关性

本文通过水分胁迫指数来描述水稻品种的耐旱性,将供试品种的耐旱性分为 3 个等级。从上述分析中可知,水分胁迫指数与千粒重显著不相关,但与每穗总粒数有极显著的相关关系,这说明随着每穗总粒数的增加,水稻的耐旱性增强。重穗型水稻穗大粒多,库容量大,其剑叶净光合速率明显高于中、轻穗型,抽穗后物质积累和转运及转化速率高,表现出其对环境有较强的适应性[22]。同时水分胁迫指数与对照和水分处理结实率也有极显著的相关关系,本试验中水分胁迫指数通过对照和水分处理结实率计算而得,水分处理结实率越低,表明其耐旱性越差,但水分胁迫指数与对照结实率极显著相关与其它报道不同[20]。本试验中扬辐粳 8 号水分处理结实率下降 9.88%,水分敏感指数为 0.1871,而龙稻 5 号结实率下降达 10.83%,水分敏感指数为 0.1449,小于扬辐粳 8 号,可能是由于扬辐粳 8 号对照结实率低引起的,仅为 62.67%。因此在水稻耐旱性评价中要确保对照生长良好,不会因其它外界环境因素导致结实率过低而引起误差。

3.3 水稻品种开花期耐旱性与亲本来源的关系

杂交组合冈 46A/蜀恢 527、冈 46A/乐恢 188、冈 46A/绵恢 725 母本相同,父本不同,在本试验中都表现出良好的耐旱性。协青早 A/蜀恢 527 与冈 46A/蜀恢 527 母本不同,父本相同,但在本试验协青早 A/蜀恢 527 耐旱性较差,为敏感型品种,说明母本特性对杂交后代的影响在耐旱能力上优于父本。从杂交组合Ⅱ-32A/蜀恢 162、Ⅱ-32A/泸恢 602、Ⅱ-32A/泸恢 17 等组合中发现并不是所有母本相同的品种都表现出相同的耐旱能力,如中 9A/R288 中与 9A/中恢 8006、金 23A/R402 与金 23A/T0463 等。植物的耐旱性是一种数量性状遗传,由多对基因共同调控,存在多种调控途径,并可能发生交叉。杂交稻父母本遗传力也受环境因素的影响,因此由数量遗传控制的耐旱性是一个复杂的过程[23-25]。

参 考 文 献:

[1] Mostajeran A, Rahimi-Eichi V. Effects of drought stress on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and accumulation of proline and soluble sugars in sheath and blades of their different aged leaves [J]. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science, 2009,5(2):264-272.

[2] 张启舜,沈振荣.中国农业持续发展的水危机及其对策[J].作物杂志,1997,(6):9-12.

[3] 罗利军,张启发.栽培稻抗旱性研究的现状与策略[J].中国水稻科学,2001,15(3):209-214.

[4] 徐孟亮,陈良碧.4 个水稻高产品种与巴西陆稻的耐旱性比较研究[J].作物学报,2003,29(6):903-907.

[5] Belder P, Bouman B A M, Cabangon R, et al. Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia[J]. Agricultural Water Management,2004,65:193-210.

[6] Tuong T P, Bouman B A M, Mortimer M. More rice, less water-integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in Asia[J]. Plant Production Science,2005,8(3):231-241.

[7] Farooq M, Wahid A, Lee D J, et al. Advances in drought resistance of rice[J]. Critical Reviews in Plant Sciences,2009,28(4):199-217.

[8] 姜心禄,郑家国,袁　勇.水稻本田期不同生育阶段受旱对产量的影响[J].西南农业学报,2004,17(4):435-438.

[9] 张玉屏,朱德峰,林贤青,等.不同时期水分胁迫对水稻生长特性和产量形成的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):48-53.

[10] 郑秋玲.不同生育阶段干旱胁迫下的水稻产量效应[J].河北农业科学,2004,8(3):83-85.

[11] 王成瑗,王伯伦,张文香,等.不同生育时期干旱胁迫对水稻产量与碾米品质的影响[J].中国水稻科学,2007,21(6):643-649.

[12] Pantuwan G, Fukai S, Cooper M, et al. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands: Part 1. Grain yield and yield components[J]. Field Crops Research,2002,73:153-168.

[13] 杨建昌,王志琴,刘立军,等.旱种水稻生育特性与产量形成的研究[J].作物学报,2002,28(1):11-17.

[14] 陶龙兴,符冠富,宋　建,等.我国水稻常用保持系穗期耐旱性测评及育性分析[J].作物学报,2009,35(12):2296-2303.

[15] Nguyen H T, Fischer K S, Fukai S. Physiological responses to various water saving systems in rice[J]. Field Crops Research, 2009, 112:189-198.

[16] 张卫星,朱德峰,徐一成,等.不同水分条件下水稻籽粒形态及其与粒重的关系[J].作物学报,2008,34(10):1826-1835.

(下转第 154 页)

万方数据

氨基酸的构成之间存在差异，或由于蛋白质水解或合成受促进、抑制的程度不同，表现出合成脯氨酸的潜力有所不同[21]。

植物对逆境的适应和抵御属数量性状，水分胁迫诱导植物多种抗逆基因表达，继而产生多种抗逆相关代谢途径和产物，在本试验中，脯氨酸的大量积累和细胞膜伤害率之间呈负相关，说明脯氨酸是植物适应水分胁迫的一个最重要的渗透调节物质。脯氨酸是植物蛋白质的组分之一，其水溶性可达162.3 $g \cdot 100g^{-1}$(25℃)，除了起到调节细胞质的渗透势之外，还在稳定生物大分子结构、清除活性氧，降低细胞酸性、解除氨毒、保护膜组织等方面起重要作用[21-22]。舜麦1718芽和根中脯氨酸迅速累积，并对膜质起到保护作用，由此可知水地小麦品种舜麦1718应对水分胁迫，在迅速大量积累脯氨酸的潜力以及在脯氨酸的功能发挥方面和晋麦47相比具有明显优势。

参 考 文 献：

[1] 张正斌，崔玉亭，陈兆波，等.旱地农业研究中"三大观念"的转变[J].中国农业科技导报，2003，6(4)：42-47.

[2] Mckersie B D, Stinson R H. Effect of dehydration on leakage and membrane structure in *Lotus corniculatus* L. seeds[J]. Plant Physiology，1980，66：316-320.

[3] 山 仑，郭礼坤.逆境成苗生态生理研究Ⅰ.春播谷类作物成苗期间的抗旱性及其需水条件[J].作物学报，1984，(4)：257-262.

[4] 徐 萌，山 仑.春小麦种子萌发和成苗过程中水分需求的量化研究[J].植物生理学通讯，1991，27(4)：275-277.

[5] 苏 佩，山 仑.高粱种子萌发成苗过程中水分需求的量化研究[J].应用与环境生物学报，1996，2(2)：119-122.

[6] 苏 佩，山 仑.玉米种子萌发成苗不同阶段需水阈值的研究[J].西北植物学报，1996，26(1)：34-37.

[7] 金善宝.中国小麦学[M].北京：中国农业出版社，1996：754-758.

[8] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京：高等教育出版社，2008：208-209.

[9] 中国科学院上海植物生理研究所.现代植物生理学实验指南[M].北京：科学出版社，1999：303-306.

[10] 邱全胜，李 林，梁厚果.水分胁迫对小麦根细胞质膜氧化还原系统的影响[J].植物生理学报，1994，20：145-151.

[11] 张林刚，邓西平.小麦抗旱性生理生化研究进展[J].干旱地区农业研究，2000，18(3)：87-92.

[12] 孙来虎，李秀绒，柴永峰，等.晋麦47号产量结构特点与高产栽培技术[J].耕作与栽培，2003，(5)：48-49.

[13] 董孟雄，李秀绒，柴永峰，等.旱地小麦新品种—晋麦47号[J].麦类作物学报，2001，21(1)：98.

[14] 张运校，樊立强，刘彦军，等.国审优质小麦新品种舜麦1718高产栽培技术[J].种子科技，2012，(3)：28-29.

[15] 潘幸来，史引红，王永杰，等.舜麦1718小麦新品种选育报告[J].小麦研究，2007，28(4)：26-36.

[16] 陈少裕.膜脂过氧化与植物逆境胁迫[J].植物通报，1989，6(4)：211-217.

[17] 王宝山.生物自由基与植物膜伤害[J].植物生理学通讯，1988，(2)：12-16.

[18] 蒋 花，王占红，张小燕.PEG渗透胁迫下3份大麦材料幼苗叶片抗旱生理特性分析[J].干旱地区农业研究，2011，29(5)：100-105.

[19] 万里强，李向林，石永红，等.PEG胁迫下4个黑麦草品种生理生化指标响应与比较研究[J].草业学报，2010，19(1)：83-88.

[20] 彭云玲，王 涛，李 燕，等.干旱胁迫对玉米耐旱自交系与旱敏感自交系苗期生理特性的影响[J].草业科学，2012，29(9)：1401-1406.

[21] 汤章城.逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的意义[J].植物生理学通讯，1984，(1)：15-21.

[22] 汤章城，王育启，吴亚华，等.不同抗旱品种高粱苗中脯氨酸累积的差异[J].植物生理学报，1986，12(2)：154-162.

(上接第47页)

[17] 张玉屏，朱德峰，林贤青，等.不同灌溉方式对水稻需水量和生长的影响[J].灌溉排水学报，2007，26(2)：83-85.

[18] 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，2006，31(11)：1485-1489.

[19] 严明建，黄文章，胡景涛，等.应用隶属函数法鉴定水稻的抗旱性[J].杂交水稻，2009，(5)：76-79.

[20] 符冠富，陶龙兴，宋 建，等.花期干旱胁迫对籼稻近等基因系育性的影响[J].中国水稻科学，2011，25(6)：611-618.

[21] 赵丽英，邓西平，山 仑.水分亏缺下作物补偿效应类型及机制研究概述[J].应用生态学报，2004，15(3)：523-526.

[22] 马 均，马文波，田彦华，等.重穗型水稻植株抗倒伏能力的研究[J].作物学报，2004，30(2)：143-148.

[23] 蒋开锋，郑家奎，赵甘霖.杂交水稻产量性状稳定性及其相关性研究[J].中国水稻科学，2001，15(1)：67-69.

[24] 邵艳军，山 仑.植物耐旱机制研究进展[J].中国生态农业学报，2006，14(4)：16-20.

[25] 滕 胜，钱 前.水稻苗期耐旱性基因位点及其互作的分析[J].遗传学报，2002，29(3)：235-240.

万方数据