

河南黄淮麦茬稻区适宜旱稻品种 及鉴定指标的筛选

秦利征, 李俊周, 杜彦修, 张 静, 孙红正, 韩迎春, 赵全志

(河南农业大学 河南省粮食作物生理生态与遗传改良国家重点实验室培育基地
农业部黄淮海作物生理生态与耕作重点实验室, 河南 郑州 450002)

摘要: 为筛选适合河南黄淮麦茬稻区种植的优良旱稻品种, 建立适宜的旱稻鉴定评价体系, 利用河南地区主要推广的23个水、旱稻为材料, 于旱棚内早直播种植, 在孕穗期和成熟期对植株形态、生理生化性状和单株产量进行测定和分析。结果表明, 水分胁迫条件下, 高产品种的平均单株产量、分蘖数、株高、地上部鲜重和根基粗分别是低产品种的2.46、1.78、1.17、1.57和1.18倍, 分蘖数、株高、地上部鲜重和根基粗与旱田单株产量呈显著正相关。旱田产量和分蘖数可以作为河南黄淮麦茬旱稻的评价指标, 株高、地上部鲜重和根基粗可以作为辅助指标。初步筛选洛稻998、徐旱702、原旱稻3号和郑旱2号为适宜推广的高产抗旱品种。

关键词: 河南; 旱稻; 鉴定指标; 聚类分析

中图分类号: S511.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)01-0161-05

Screening for suitable varieties and identification indexes of drought resistance of upland rice in Huang-Huai wheat-rice planting region of Henan province

QIN Li-zheng, LI Jun-zhou, DU Yan-xiu, ZHANG Jing,
SUN Hong-zheng, HAN Ying-chun, ZHAO Quan-zhi

(Henan Agricultural University/Key Laboratory of Physiological Ecology and Genetic Improvement of Food Crops of Henan Province/Key Laboratory of Crop Physiological Ecology and Farming System in Huang-Huai-Hai Region, Ministry of Agriculture, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract: The experiment was carried out to screen suitable varieties and identify indexes of drought resistance of upland rice in Huang-Huai wheat-rice planting region of Henan province, by using 23 rice varieties (including 21 upland varieties and 2 lowland varieties). The effects of soil drought stress on the yield per plant, plant morphology, physiological and biochemical traits of different varieties were analyzed. The results indicated that the yield per plant, tiller number, plant height, shoot fresh weight, and root base thickness of high-yield varieties were 2.46, 1.78, 1.17, 1.57 and 1.18 times respectively, compared to those of low-yield varieties under upland condition. Correlation analysis showed that the yield per plant was significantly correlated with the tiller number, plant height, shoot fresh weight and root base thickness. The yield and tiller number under upland condition could be used as identification indexes for drought resistance of upland rice in Huang-Huai wheat-rice planting region of Henan province. The plant height, shoot fresh weight and root base thickness could be used as auxiliary indicators. Luodao 998, Xuhan 702, Yuan handao 3 and Zhenghan 2 were the four drought resistant and high-yield varieties and were suitable for extension.

Keywords: Henan; upland rice; identification index; cluster analysis

干旱缺水是21世纪中国面临的最严重问题之一, 已经成为作物生产的主要限制因子^[1]。黄淮地

区地处南北过渡地带, 秋作物生长期降雨的区域性、季节性分配不均等现象非常明显。干旱已成为

收稿日期: 2012-05-14

基金项目: 河南省重大公益性科研招标项目(091100910100); 河南省高校科技创新团队支持计划项目(2010IRTSTHN005); 郑州市创新型科技人才建设工程项目(112PCXTD342); 郑州市节水农业重点实验室建设项目(121PYFZX185)

作者简介: 秦利征(1988—), 女, 河南鹤壁人, 在读硕士, 主要从事作物抗旱遗传及生理研究工作。

通信作者: 赵全志(1968—), 男, 河南驻马店人, 教授, 主要从事水稻栽培生理研究。E-mail: qzhaoh@126.com。

河南省作物生产中的主要农业气象灾害,发生频繁,影响范围大。特别是豫东南地区近 66.7 万公顷的低洼易涝沙姜黑土地地区,由于缺乏必要的灌溉设施,种植玉米、大豆等旱粮作物极易苗期遭受干旱,后期遭受渍涝,产量低下甚至绝收,而种植水稻尚缺乏灌溉条件。因此,进行种植制度调整、改善作物品种布局具有重要意义。早稻因其需水量少、适宜于机械直播和具有较高的经济效益等优点受到豫东南沙姜黑土地地区农民的欢迎。目前,该区种植的品种主要为早稻 502、早稻 297、早稻 277、郑早 2 号及引进的巴西陆稻等。但是这些品种由于品种老化或者种子企业和个人盲目引种,多乱杂现象非常突出,多数品种产量较低,明显不适应当前农业生产实际。

在不同生育阶段及水分胁迫水平下,水稻植株体内通过增加可溶性糖、氨基酸等渗透调节物质和超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)等酶类活性,改变植株形态特征来适应干旱胁迫^[2-4]。水旱稻抗旱性鉴定比较复杂,不同于旱时期、胁迫水平,水稻的适应机制不同,鉴定方法和指标也不尽相同。对水、旱稻根系的研究表明^[5-8],根粗、根长和根重是旱稻品种的特点,根基粗和最长根长可以作为评价抗旱性的指标。王贺正等^[9]利用旱棚试验,通过对水稻开花期生理生化性状分析,发现水、旱条件下叶片抗坏血酸、游离氨基酸总量、MDA 含量和 SOD 活性相对值可作为水稻开花期抗旱性的鉴定标准。王昌贵等^[10]选择抗旱性差异明显的稻种种质,采用 3 种干旱胁迫方式,研究孕穗期植株叶片形态和水分生理性状,发现孕穗期叶肉厚和叶片保水率可以作为稻作种质抗旱性研究和评价的指标。付学琴等^[11]认为 PEG 胁迫后的根干质量、根系相对含水量、相对发芽势、叶片脯氨酸含量、叶片可溶性糖含量、叶片丙二醛含量、结实率、单株有效穗和千粒重的相对值等 9 个指标可以对东乡野生稻回交重组系进行抗旱性评价。河南黄淮麦茬稻区水稻干旱缺水时期主要集中于播种到分蘖前期,针对河南生产实际建立简单可行的抗旱胁迫品种鉴定技术,筛选适合河南黄淮麦茬稻区种植的优质高产早稻品种,对于促进当地农业生产具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用河南地区主要推广的 21 个早稻品种,包括早稻 297、早稻 277、郑早 6 号、郑早 2 号、洛稻 998、

郑早 9 号、早稻 502、冀早糯 3 号、原早稻 3 号、丹早稻 53、郑早 09-11、早稻 720、津原 95、郑早 10 号、LDC03Z-1、IRAT109、毫格劳、秦爱、徐早 702、徐早 304 和冀稻 5 号。为了方便抗旱性的比较,还选用了水旱田兼用品种超优 1 号,水稻品种越富。

1.2 试验设计

试验于 2010 年 6—10 月种植在河南农业大学科教园区抗旱大棚内,人工控制降雨。材料于 6 月 5 日旱田直播,10 月 9 日收获。单粒点播,试验采用随机区组设计,2 次重复,每重复种植 3 行,行长 1.5 m,行距 0.25 m,株距 0.08 m。播种前水、旱田施基肥纯 N 150 kg·hm⁻², P₂O₅ 150 kg·hm⁻² 和 K₂O 150 kg·hm⁻²。分蘖期旱田追施尿素 300 kg·hm⁻²。旱棚控制降雨后,旱田植株在出苗至分蘖前期进行重度干旱胁迫,开花后进行轻度水分胁迫。早稻全生育期灌溉共 5 次,约 350 mm,分别为播种后立即灌水 80 mm,分蘖中期灌水 60 mm,拔节孕穗期灌水 70 mm,开花期灌水 80 mm,灌浆期灌水 60 mm。

1.3 测定项目与方法

测定性状及指标包括:孕穗期测定根数、地上部鲜重、根系根基粗、SOD、POD、过氧化氢(CAT)活性和叶绿素含量(SPAD 值);成熟期测定株高、茎粗、穗基粗、单株产量、千粒重和分蘖数。具体方法:孕穗期取根,根数:计数长于 1 cm 的第一次分支根;根基粗:每株选取 5 条粗根,在带有测微尺的显微镜下测量根基粗,5 条根的平均值为该株的根基粗。叶片叶绿素含量测定采用 SPAD520 便携式叶绿素计,每株分叶位分别测定心叶下 3 片功能叶,每叶测定点为距离叶尖 1/3 处。SOD、POD、CAT 抗氧化酶活性参照高俊凤^[12]方法提取酶液,酶活性按李合生方法^[13]测定。收获前,用游标卡尺测定茎粗和穗基粗。成熟时,每系连续取第 2 行中间 5 株,室内考察株高、单株产量和千粒重等性状。

1.4 统计分析方法

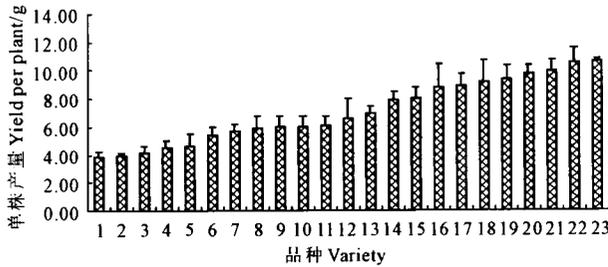
应用 Excel 2000 和 SPSS 18.0 软件进行相关和聚类统计分析。

2 结果与分析

2.1 干旱条件下的籽粒产量

干旱胁迫下的产量是衡量品种抗旱性的最根本指标。干旱条件下,所有品种植株生物量和产量都有不同幅度的下降。从图 1 看出,水分胁迫下品种间产量存在明显的差异。旱田产量 23 个品种中毫

格劳最大,徐早 304 最小。



注:品种 1~23 分别为徐早 304、冀早糯 3 号、超优 1 号、越富、早稻 720、丹早稻 53、郑早 10 号、早稻 502、早稻 297、冀稻 5 号、秦爱、LDC03Z-1、津原 95、郑早 09-11、早稻 277、郑早 6 号、郑早 2 号、郑早 9 号、原早稻 3 号、徐早 702、IRAT109、洛稻 998、毫格劳

Note: 1~23 represent the varieties Xuhan 304, Jihannuo 3, Chaoyou 1, Yuefu, Handao720, Danhandao 53, Zhenghan 10, Handao 502, Handao 297, Jidao 5, Qinai, LDC03Z-1, Jinyuan 95, Zhenghan 09-11, Handao 277, Zhenghan 6, Zhenghan 2, Zhenghan 9, Yuanhandao 3, Xuhan 702, IRAT109, Luodao 998 and Haogelao, respectively.

图 1 旱田条件下各品种的产量表现

Fig.1 The performance of yield per plant under upland condition

2.2 高品种和低品种抗旱相关性状的比较

根据旱田产量比较结果筛选 4 个高品种和 4 个低品种(表 1),旱田高品种的平均产量是低品种的 2.46 倍,两类品种产量存在明显差异。其它抗旱相关性状比较,高品种的分蘖数均明显大于低品种,干旱胁迫下的分蘖数可作为衡量抗旱性的一个稳定指标。3 个高品种的株高都大于低品种,但是抗旱性很强的 IRAT109 株高只有 96.72 cm,低于 3 个敏旱品种,这个品种可能属于矮秆品种;3 个(徐早 304 除外)低品种的地上部鲜重低于高品种。对于多数品种而言,株高和地上部鲜重结合起来,可从地上部植株表现评价品种抗旱性。对于地下部性状,低产水稻品种的根基粗都小于高品种(冀早糯 3 号除外),抗旱品种的根基粗都比较大。根数在不同类型、品种间没有一致规律性差异,根基粗可作为评价品种抗旱性的间接指标。抗氧化酶 SOD、POD、CAT 和 SPAD 值在不同类型品种间没有一致规律性差异。

表 1 高品种和低品种相关性状比较

Table 1 Comparison of drought-resistance related traits between high-yield and low-yield varieties

品种 Variety	单株产量 Yield per plant /g	根数 Root number	地上部鲜重 Shoot fresh weight /g	根基粗 Root base thickness /mm	SOD /(U·g ⁻¹)	POD /(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	CAT /(U·g ⁻¹)	SPAD	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem thickness /mm	穗基粗 Ear base thickness /mm	千粒重 1000-grain weight /g	分蘖数 Tiller number	
徐早 304 Xuhan 304	3.88	15.18	32.03	1.17	22.12	361.4	313.34	45.55	82.05	3.21	1.47	17.37	1.75	
低产 品种 Low-yield varieties	冀早糯 3 号 Jihannuo 3	4.02	24.50	16.47	1.29	36.23	334.2	683.86	47.15	104.75	4.16	1.91	20.03	1.33
超优一号 Chaoyou 1	4.17	21.46	19.84	1.10	47.42	123.9	246.53	44.92	98.70	3.18	1.39	20.66	2.67	
越富 Yuefu	4.55	19.13	11.69	0.97	59.36	480.02	528.22	45.05	98.25	3.11	1.35	19.59	3.00	
高产 品种 High-yield varieties	徐早 702 Xuhan 702	9.74	29.70	41.48	1.18	12.24	309.23	568.38	45.62	108.62	3.47	1.69	19.37	3.67
IRAT109	9.97	54.85	31.04	1.40	58.28	472.63	464.73	50.48	96.72	4.63	1.72	25.67	3.80	
洛稻 998 Luodao 998	10.52	12.30	30.60	1.30	59.05	249.16	323.52	47.25	112.20	3.48	1.64	20.92	4.50	
毫格劳 Haogelao	10.63	16.55	22.24	1.47	59.18	467.28	637.24	47.45	132.57	3.35	1.45	22.37	3.60	

2.3 水旱稻产量、植株相关性状的的相关性分析

由表 2 可以看出,分蘖数、株高、地上部鲜重和根基粗与产量呈显著正相关,其中分蘖数和株高与产量达极显著正相关,相关系数分别为 0.78 和 0.60,说明分蘖数和株高是可以衡量旱田产量的直接指标,地上部鲜重和根基粗是衡量旱田产量的间接指标。其他抗氧化指标、茎粗和穗基粗与旱田产量没有相关性。旱田其它性状的相关性分析,茎粗与穗基粗、根数、POD 和 SPAD 值达显著正相关,千

粒重与 SOD、POD 值呈正相关,地上部鲜重与根基粗和 CAT 呈正相关,而穗基粗与 SOD 值呈负相关。从相关性分析可以看出,多数抗旱相关性状之间都是呈正相关的,这些性状的共同作用提高品种的抗旱性。

2.4 抗旱性的综合评价

旱田产量和分蘖数作为抗旱性评价的指标,通过最短距离法对所选用 23 个水、旱稻品种进行聚类分析,可将 23 个品种划分为 2 大类,其中早稻 720、越富、超优一号、冀早糯 3 号和徐早 304 抗旱性最

差;毫格劳、洛稻 998、IRAT109、徐早 702、原早稻 3 号、郑早 9 号和郑早 2 号,抗旱性最强。

表 2 旱田 23 个品种抗旱相关性状的相关系数

Table 2 Correlation coefficients among drought - resistance related traits of 23 varieties under upland condition

性状 Traits	单株产量 Yield per plant	根数 Root number	地上部鲜重 Shoot fresh weight	根基粗 Root base thickness	SOD	POD	CAT	SPAD	株高 Plant height	茎粗 Stem thickness	穗基粗 Ear base thickness	千粒重 1000-grain weight
根数 Root number	0.05											
地上部鲜重 Shoot fresh weight	0.48*	-0.03										
根基粗 Root base thickness	0.45*	-0.02	0.44*									
SOD	0.34	-0.21	0.07	0.34								
POD	0.34	0.35	0.15	0.26	0.35							
CAT	0.24	0.31	0.44*	-0.02	-0.38	0.02						
SPAD	0.37	0.14	0.14	0.41	0.29	0.28	0.04					
株高 Plant height	0.60**	-0.14	0.29	0.34	0.26	0.25	0.09	0.19				
茎粗 Stem thickness	0.22	0.61**	0.22	0.32	-0.03	0.58**	0.16	0.44*	0.26			
穗基粗 Ear base thickness	-0.01	0.41	0.07	0.11	-0.47*	0.34	0.20	0.22	0.16	0.74**		
千粒重 1000-grain weight	0.35	0.28	0.24	0.07	0.53*	0.56**	-0.02	0.40	0.22	0.20	-0.02	
分蘖数 Tiller number	0.78**	-0.12	0.30	0.19	0.41	0.05	0.13	0.34	0.26	-0.10	-0.23	0.35

注: * 和 ** 分别表示达到 0.05 和 0.01 的显著水平。

Note: * and ** represent significance at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

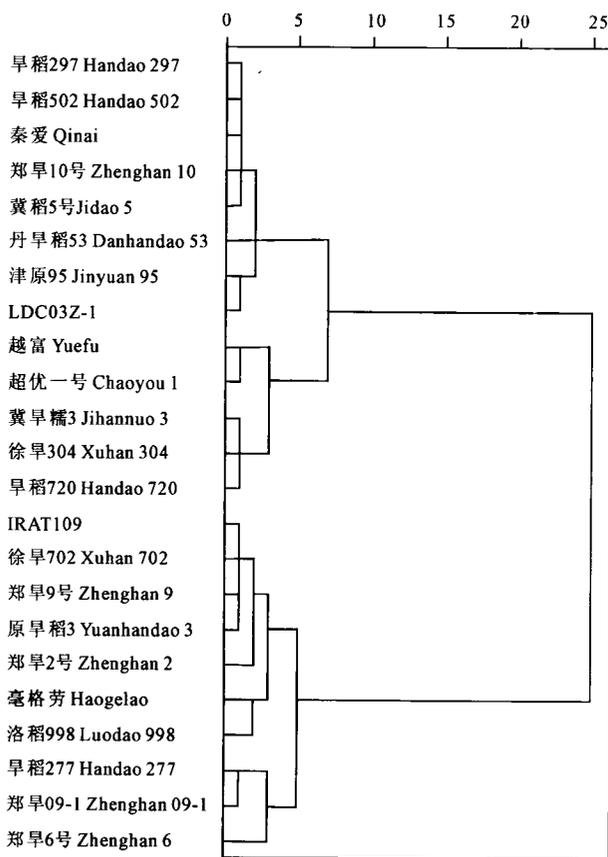


图 2 23 个水旱稻品种产量与分蘖数的聚类图

Fig. 2 Dendrogram of 23 rice varieties (21 upland varieties and 2 lowland varieties) based on yield and tiller number

3 讨论

3.1 河南黄淮麦茬稻区旱稻的抗旱性评价指标

植物的抗旱机制非常复杂,植物在进化过程中演化出了逃旱、避旱、耐旱和复原抗性等机制,每种机制所涉及的植株形态、生理和生化过程各不相同,而植物的抗旱性往往是由几种机制共同起作用。而且植物对干旱胁迫的反应不仅依赖干旱胁迫程度,还与干旱胁迫持续的时间、植物发育的不同时期、植物的基因型以及引起干旱胁迫的因素都有关系^[14]。因此,水稻的抗旱性鉴定应根据不同地区的实际生产情况,从形态、生理、生化等众多指标中筛选出对抗旱性有显著影响的几个主要指标,进行综合分析判断才能更有效。河南黄淮麦茬稻区旱稻,干旱经常发生于播种后的一个月,即6月中下旬至7月上旬,水稻生育中后期雨水较多,能够满足旱稻的基本水分需求。本研究干旱条件下,高产品种的分蘖数都明显大于低产品种,3个高产品种的株高、地上部鲜重和根基粗都优于低产品种,而且分蘖数、株高、地上部鲜重和根基粗与旱田单株产量呈显著正相关。因此,旱田产量和分蘖数可以作为河南黄淮麦茬旱稻抗旱性评价的直接指标,株高、地上部鲜重和根基粗作为抗旱性评价的辅助指标。水分胁迫会导致植物体内活性氧水平提高,SOD、CAT、POD和抗坏

血酸(Vc)等增加,以保持体内活性氧积累与清除系统的平衡^[15],耐旱性强的品种/材料能维持较高的SOD、POD和CAT活性,有较强的抗氧化胁迫能力^[16-18]。但是,本试验旱田高产、低产品种间抗氧化性状SOD、POD没有发现明显差异规律,并且抗氧化性状与旱田单株产量也没有显著相关性,这可能由于干旱处理时期所造成。相关分析发现茎粗与穗基粗、根数、POD和SPAD值达显著正相关,千粒重与SOD、POD值呈正相关,地上部鲜重与根基粗和CAT呈正相关,多数抗旱相关性状之间都是呈正相关的,暗示这些性状还是从不同的抗旱途径,共同作用提高品种的抗旱性。

3.2 适宜的优良抗旱品种

河南早稻推广品种一直存在品种多杂乱、适应性差、抗旱性不强、产量低等严重问题,筛选适宜优良早稻品种是农民所急需的。本试验利用旱田单株产量和分蘖数的最短距离法对所选用23个水、旱稻品种聚类分析,发现毫格劳、洛稻998、IRATI09、徐早702、原早稻3号、郑早9号和郑早2号旱棚抗旱性较强,单株产量表现较好。进一步结合田间株型表现和品种亲本遗传来源分析,毫格劳和IRATI09是典型早稻,抗旱性很强,但株型差,群体产量不高。郑早9号是早稻IRATI09和越富的双单倍体群体后代,早稻遗传组成较多,抗性强,株型差,群体产量也不高。洛稻998、徐早702、原早稻3号和郑早2号可能是旱田种植宜选择的优良抗旱品种。但是,本研究只是在旱棚单粒直播试验得到的结果,产量只是单株产量,有必要进行大田小区的多点试验,进一步明确品种的抗旱和生理生态适应性,才能筛选出河南黄淮麦茬稻区旱作条件下既高产又耐旱的优良早稻品种。

参考文献:

- [1] Luo L J. Breeding for water-saving and drought resistance rice (WDR) in China[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2010, 61(13): 3509-3517.
- [2] 杨建昌,王志琴,朱庆森.水稻品种的抗旱性及其生理特性的研究[J]. *中国农业科学*, 1995, 28(5): 65-72.
- [3] 吴磊,陈展宇,张治安,等.不同旱稻品种灌浆期抗旱生理适应性的研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(4): 163-166.
- [4] 王贺正,李艳,马均,等.水稻苗期抗旱性指标的筛选[J]. *作物学报*, 2007, 33(9): 1523-1529.
- [5] Price A H, Virk D S, Tomos A D. Genetic dissection of root growth in rice (*Oryza sativa* L.). I: a hydroponic screen[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1997, 95: 132-142.
- [6] 凌祖铭,李自超,余荣,等.水陆稻根部性状的研究[J]. *中国农业大学学报*, 2002, 7(3): 7-11.
- [7] 代贵金,华泽田,陈温福,等.杂交粳稻、常规粳稻、早稻及籼稻根系特征比较[J]. *沈阳农业大学学报*, 2008, 39(5): 515-519.
- [8] Li J Z, Wang D P, Xie Y, et al. Development of upland rice introgression lines and identification of QTLs for basal root thickness under different water regimes[J]. *Journal of Genetics and Genomics*, 2011, 38(11): 547-556.
- [9] 王贺正,马均,李旭毅,等.水稻开花期一些生理生化特性与品种抗旱性的关系[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(2): 399-404.
- [10] 王贵昌,王向东,赵鹏珂,等.栽培稻叶结构、水分生理与抗旱性关系研究[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(19): 76-80.
- [11] 付学琴,贺浩华,文飘,等.东乡野生稻回交重组系的抗旱性评价体系[J]. *应用生态学报*, 2012, 23(5): 1277-1285.
- [12] 高俊凤.植物生理学试验技术[M].北京:高等教育出版社, 2006.
- [13] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社, 2000.
- [14] Kano M, Inukai Y, Kitano H, et al. Root plasticity as the key root trait for adaptation to various intensities of drought stress in rice[J]. *Plant Soil*, 2011, 342: 117-128.
- [15] 陈少裕.膜脂过氧化与植物逆境胁迫[J]. *植物学通报*, 1989, 6(4): 211-217.
- [16] 郭振飞,卢少云,李宝盛,等.不同耐旱性水稻幼苗对氧化胁迫的反应[J]. *植物学报*, 1997, 39: 748-752.
- [17] Ouyang S Q, Liu Y F, Liu P, et al. Receptor-like kinase OsSIK1 improves drought and salt stress tolerance in rice (*Oryza sativa*) plants[J]. *The Plant Journal*, 2010, 62(2): 316-329.
- [18] Liu C C, Liu Y G, Guo K, et al. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, 71: 174-183.
- [12] 中国气象局. QX/T 57-2007. 地面气象观测规范: 地温观测[S].北京:气象出版社, 2007.
- [13] 杨瑞香,杨妙贤,贾振宇,等.新型多功能保水剂对广东赤红壤的改良作用研究[J]. *仲恺农业技术学院学报*, 2007, 20(1): 33-35.
- [14] 陈宝玉,王洪君,孙海芹,等.保水剂对土壤温度和水分动态的影响[J]. *中国水土保持科学*, 2008, 6(6): 32-36.
- [15] 山东农学院.作物栽培学[M].北京:农业出版社, 1980: 22-168.
- [16] Green V S, Stott D E, Norton L D, et al. Polyacrylamide molecular weight and charge effects on infiltration under simulated rainfall[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2000, 64: 1786-1791.
- [17] 李晶晶,白岗栓.保水剂在水土保持中的应用及研究进展[J]. *中国水土保持科学*, 2011, 9(5): 114-120.
- [18] 张俊平,刘瑞凤,王爱勤. PAM/凹凸棒粘土复合高吸水性树脂的吸水性能[J]. *高分子材料科学与工程*, 2006, 22(5): 151-158.
- [19] 员学锋,吴普特,汪有科,等.施加PAM条件下土壤养分淋溶试验研究[J]. *水土保持通报*, 2003, 23(2): 26-28.
- [20] 龙明杰,曾繁森.高聚物土壤改良剂的研究进展[J]. *土壤通报*, 2000, 31(5): 199-202.
- [21] 耿佳俊,白岗栓,杜社妮,等.保水剂施用方式对土壤水盐及番茄生长的影响[J]. *中国水土保持科学*, 2011, 9(3): 65-70.

(上接第 145 页)