

严定春,朱练峰,金千瑜,等.不同土壤水分含量下水稻、旱稻品种产量和生理生态性状研究[J].江苏农业科学,2015,43(6):67-69.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.06.019

# 不同土壤水分含量下水稻、旱稻品种产量和生理生态性状研究

严定春<sup>1</sup>,朱练峰<sup>2</sup>,金千瑜<sup>2</sup>,吕小波<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院农业信息研究所,北京 100081; 2. 中国水稻研究所,浙江杭州 310006)

**摘要:**选用需水较多的中浙优 1 号、甬优 9 号 2 个水稻品种和需水较少的中早 221、中早 3 号 2 个旱稻品种为试验材料,在浅水层(0 kPa)、轻度土壤水分胁迫(-20 kPa)、中度土壤水分胁迫(-40 kPa) 3 种土壤水分处理下,比较水稻、旱稻穗长、每穗总粒数、每穗实粒数、千粒质量、单株生物量等产量性状以及叶片角度、叶片长度、叶片宽度、叶鞘长度、节间长度、节间粗度、节间壁厚、株高等生理生态性状的差异。结果表明,土壤水分胁迫程度越重,水稻、旱稻的单株生物量均减少,穗长性状表现比较稳定,叶片长度、宽度、厚度均下降,其中叶片长度变化差异显著;水稻的叶片长度、叶片宽度、叶鞘长度、节间粗度、节间壁厚均大于旱稻;品种间叶鞘长差异显著,水分处理间稻的节间宽度差异显著。因此,可以通过测定叶片长度来判断稻作品种的抗旱性强弱。

**关键词:**水稻;旱稻;产量;生理生态;性状;土壤水分

**中图分类号:** S511.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)06-0067-03

近年来,我国水资源短缺问题日益严重,人均淡水资源只有世界平均数的 1/2,加之分布不平衡、缺乏合理的开发利用及环境污染等,缺水已明显制约着经济的可持续发展和人民生活水平的提高<sup>[1]</sup>。目前,全国农田灌溉年用水量为 3 500 亿 m<sup>3</sup>,占全国总用水量的 67%,加之其他农业用水,整个农业用水占到总用水量的 80%,但其有效利用率仅为 40%<sup>[2]</sup>。水稻生产对保障全球粮食安全、减少贫困人口和农村就业有重要作用。水稻是全球近 50% 人口的主要粮食作物,其中 90% 的水稻产于亚洲,并在亚洲等发展中国家消费<sup>[3]</sup>。然而,水稻是全球用水量最大的灌溉作物,亚洲 80% 的淡水用于水稻灌溉<sup>[4-6]</sup>。目前,发展节水农业是我国水资源可持续利用的必然要求,水稻节水灌溉和节水型稻作技术的研究不断兴起,并引起广泛关注。针对淡水资源短缺和农业灌溉用水量之间的矛盾,深入研究水稻的旱作生理、栽培技术及其抗旱机理具有重要的意义<sup>[7]</sup>。

目前,国内外对培育节水抗旱稻作品种及水稻抗旱性鉴定的形态指标、生理指标、分子遗传等研究<sup>[8-10]</sup>已取得不少进展,而我国对稻抗旱性研究工作起步相对较晚且大多不完善,亟待全面开展各项研究工作。本试验通过研究不同基因型水稻品种对不同土壤水分处理的响应特性,比较其产量和生理生态特性的差异,以期水稻抗旱育种提供株型选择指标,为水稻高产栽培中高效水分管理和看苗水分调控提供理论依据。

收稿日期:2014-07-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:31101084);教育部留学回国人员科研启动基金(编号:[2011]1139);中国农业科学院科技创新工程资助项目。

作者简介:严定春(1977—),江苏洪泽人,副研究员,从事作物栽培学研究。E-mail: yandingchun@caas.cn。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试品种

需水较多的 2 个水稻品种中浙优 1 号和甬优 9 号,需水较少的 2 个旱稻品种中早 221 和中早 3 号。

### 1.2 试验设计

试验于 2012 年在浙江省杭州市中国水稻研究所浙江国稻高科技种业有限公司进行,采用网室水泥种植池栽培,网室上盖透明塑料膜挡雨。每个品种采用 3 种土壤水分处理,分别为浅水层(0 kPa)、轻度土壤水分胁迫(-20 kPa)、中度土壤水分胁迫(-40 kPa),自移栽后 8 d 开始至成熟期结束。各处理施用纯氮 144 kg/hm<sup>2</sup>,按 6:3:1 分基肥(移栽前 1 d)、分蘖肥(移栽后 7 d)和穗肥(幼穗分化第 3 期)3 次施用;磷肥用量为 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg/hm<sup>2</sup>,作为基肥施入;钾肥用量为 K<sub>2</sub>O 120 kg/hm<sup>2</sup>,50% 为基肥、50% 为穗肥;其他栽培管理同大田。5 月 21 日播种,6 月 21 日移栽,每丛 1 株苗。由于杂交籼稻中浙优 1 号分蘖能力强,移栽规格 30×20 cm;杂交粳稻甬优 9 号和常规稻中早 211、中早 3 号分蘖能力一般,移栽规格为 20×17 cm。

### 1.3 测定内容与测定方法

**1.3.1 土壤含水量监测** 整个生育期,通过安装中国科学院南京土壤研究所制造的真空表式负压计监测土壤水分,陶土头底部置于 15 cm 土层处,每天 06:00—07:00、11:00—12:00、16:00—17:00 记录负压计读数,当读数低于设计值时,适度浇水。

**1.3.2 叶绿素含量** 成熟前每 2 周取 1 次样,每次每品种每水分处理取 5 穴。取样前于晴天 08:30—11:40,采用 SPAD-502 测定顶部 3 张全展叶中部的叶绿素含量。

**1.3.3 产量性状** 成熟期各处理取样 5 穴,分别测定株高、穗长、穗宽、穗数、每穗粒数、千粒质量,计算 5 穴植株的平均

穗数、结实率等。

1.3.4 生物学特性 用米尺测定茎秆基部到穗尖的长度即为株高;用游标卡尺测量每一节间上、中、下 3 个点的粗度,取算术平均值即为节间粗度;将叶片长度 5 等分,用游标卡尺测量 4 个等分线上离叶片边缘 1/3 处的叶片厚度,取算术平均值即为叶片厚度;采用米尺测量穗长。

1.4 数据处理

采用 Excel 2013 进行数据处理,应用软件 SAS 9.3 对数

据进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同土壤水分处理下水旱稻产量性状及比较

由表 1 可见,随水分胁迫程度的加重,水旱稻穗长、每穗结实粒数、结实率、单株生物量、单株产量呈现减少趋势,每株穗数和千粒质量变化不显著。

表 1 不同土壤水分处理下水旱稻的产量性状

水分处理	穗长 (cm)	每株穗数 (穗)	每穗结实粒数 (粒)	每穗瘪粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒质量 (g)	单株生物量 (g)	单株产量 (g)
浅水层	25.40a	8.70a	148.10a	24.70b	85.60a	25.50a	57.10a	32.20a
轻度胁迫	23.30b	8.40a	64.00b	50.70a	57.30b	24.40ab	44.00b	12.90b
中度胁迫	23.10b	7.90a	60.10b	57.50a	55.00b	24.00b	39.40b	11.30b

注:同列数据后不同小写字母代表差异显著( $P<0.05$ )。下同。

2.2 不同品种的穗部性状

由表 2 可见,4 个参试品种的穗长、穗宽、每穗总粒数水稻均优于旱稻;品种间每穗总粒数差异显著。

表 2 不同稻品种的穗部性状

品种	穗长 (cm)	穗宽 (cm)	每穗总粒数
中浙优 1 号	27.54a	1.95a	135.63b
甬优 9 号	24.62b	1.90a	182.06a
中早 211	22.62c	1.41b	116.45c
中早 3 号	24.09b	1.40b	88.07d

2.3 不同品种和不同水分处理下抽穗期顶部叶片性状及比较

抽穗期顶部 3 张叶片的 SPAD 值在一定程度上可以反映稻品种光合作用的强弱<sup>[11]</sup>。构成株型的叶片角度是一个独立遗传的性状,与其他性状无关<sup>[12]</sup>。由表 3 可见,水稻的叶片长度与宽度、SPAD 值均大于旱稻;不同基因型水稻间的叶片长度与宽度差异不显著,旱稻之间差异显著;抽穗后顶部叶片角度旱稻和水稻间差异显著,旱稻明显比水稻披散,这说明旱稻品种在土壤相对缺水时,叶片细胞仍能够保持较高的伸张度,使得叶片角度较大。

表 3 抽穗期顶部 3 张叶片的性状比较

品种名称	叶片角度 (°)	叶片长度 (cm)	叶片宽度 (cm)	SPAD 值
中浙优 1 号	9.50c	50.91a	1.53a	36.95a
甬优 9 号	8.30d	51.52a	1.58a	34.72b
中早 221	17.69b	38.65c	1.24c	30.04d
中早 3 号	19.71a	45.88b	1.39b	31.22c

由表 4 可见,不同水分处理间稻叶长差异显著;随水分胁迫程度的加重,叶片长度、宽度、厚度均明显下降,其中,叶片长度变化有显著性差异。因此,可以通过测定叶片长度来判断稻品种的抗旱性强弱。

2.4 不同品种抽穗后叶鞘、单株生物量

叶鞘不仅是光合产物的临时贮藏场所,还与水稻茎秆支撑能力、抗倒伏特性密切相关<sup>[13]</sup>。由表 5 可见,不同品种间叶鞘长差异显著;水稻的单个叶鞘的质量和叶鞘长均大于旱稻,这与水稻产量高于旱稻密切相关。

表 4 不同土壤水分处理下穗顶部 3 张叶片性状比较

处理	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶厚 (mm)
浅水层	48.84a	1.92a	11.18a
轻度胁迫	46.85b	1.85b	11.13a
中度胁迫	45.76c	1.85b	11.06a

表 5 不同品种抽穗后叶鞘、单株生物量

品种名称	叶鞘长 (cm)	单个叶鞘质量 (g)	单株生物量 (g)
中浙优 1 号	27.06b	0.27±0.058	57.51a
甬优 9 号	29.07a	0.37±0.080	62.20a
中早 221	22.44d	0.16±0.038	34.72b
中早 3 号	26.51c	0.18±0.075	31.98b

2.5 不同品种、不同水分处理下节间性状、株高比较

由表 6 和图 1 可见,节间长度和株高有相同的变化趋势,中早 3 号>中浙优 1 号>中早 221>甬优 9 号。由表 6、表 7 可见,水稻的单个节间质量、节间粗度及节间壁厚均大于旱稻;不同土壤水分处理下水旱稻的节间粗度差异显著,随土壤水分胁迫程度加重,节间粗度有显著性减小的趋势。

表 6 不同品种的节间性状比较

品种名称	节间长度 (cm)	单个节间 质量(g)	节间粗度 (mm)	节间壁厚 (mm)
中浙优 1 号	14.79b	0.17b	4.42a	0.67b
甬优 9 号	12.63d	0.23a	4.42a	0.71a
中早 221	13.28c	0.12c	3.42c	0.56c
中早 3 号	16.81a	0.16b	3.75b	0.58c

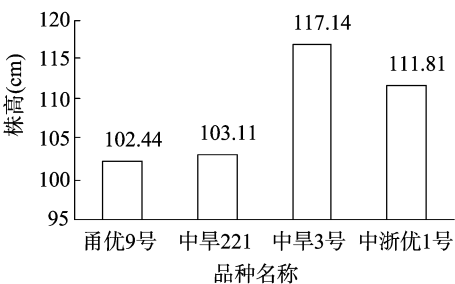


图1 不同水旱稻品种的株高性状

表 7 不同土壤水分处理下水旱稻的节间性状

水分处理	单个节间质量 (g)	节间粗度 (mm)
浅水层	0.20a	4.49a
轻度胁迫	0.18a	4.04b
中度胁迫	0.15b	3.92c

3 结论与讨论

试验结果表明,随土壤水分胁迫程度的加重,水稻、旱稻的单株生物量均减少,穗长性状比较稳定,叶片长度、宽度、厚度均下降,其中叶片长度变化差异显著;水稻的叶片长度、叶片宽度、叶鞘长度、节间粗度、节间壁厚均大于旱稻;品种间叶鞘长差异显著,水分处理间稻的节间宽度差异显著。因此,可以通过测定叶片长度来判断稻品种的抗旱性强弱。

不同土壤水分处理对水稻、旱稻各性状的影响不同,这可能是受稻品种基因型不同所致,也可能是稻品种适应不同的环境所引起。在基因型方面,黄海认为环境因素可以诱导某些与发育相关的基因表达<sup>[14]</sup>;在环境方面,水稻属于半水生性植物,耐旱性介于“旱生性植物”与“水生性植物”之间<sup>[15]</sup>,旱稻更加适应偏干点的土壤水分环境,随着土壤含水量的降低,水稻叶片质膜透性和丙二醛含量显著增加,从而会使多种酶和膜系统遭到损伤<sup>[16-17]</sup>。基因型和环境的复杂性使得对稻品种抗旱性的研究更具综合性,需要从生理、形态等众多指标中筛选出能反映水稻抗旱性的综合指标,而不能仅仅用某些指标的绝对值来判断水稻的抗旱性。谭艳等研究表明,稻品种的抗旱性主要表现在干旱条件下叶片卷曲、叶片短小,以减少水分蒸腾;根系粗壮、输导组织发达,以增强对水分的吸收与运输,有利于保持植物的水分平衡,避免发生水分亏损<sup>[18]</sup>。因此,在抗旱性稻品种选育时,可采用在苗期干旱条件下选择低卷叶度的植株、幼根粗的苗,或者选择叶片长度和宽度较小、叶片较厚的水稻幼苗。

水分胁迫可导致稻产量的降低,而千粒质量更多受遗传基因控制<sup>[19]</sup>。本试验虽然对水稻、旱稻在不同土壤水分处理下的产量和生理性状进行了比较,但如何基于此筛选出抗旱品种、如何根据植株形态和生理变化进行实时水分调控还有待进一步研究。

参考文献:

[1]张玉屏. 水稻旱作条件下根系生长特性的研究[D]. 合肥:安徽

农业大学,2001.

[2]朱丕荣. 世界的水资源与灌溉农业[J]. 世界农业,1997,1(1): 3-5.

[3]Maclean J L,Dawe D C,Hardy B,et al. Rice almanac:source book for the most important economic activity on earth [M]. United Kingdom:CABI Publishing,2002.

[4]Bouman B,Tuong T P. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated lowland rice [J]. Agricultural Water Management,2001,49(1):11-30.

[5]Dingkuhn M,Jones M P,Johnson D E,et al. Growth and yield potential of *Oryza sativa* and *O. glaberrima* upland rice cultivars and their interspecific progenies[J]. Field Crops Research,1998,57(1):57-69.

[6]中国水稻研究所,国家水稻产业技术研发中心. 2009 年中国水稻产业发展报告[M]. 北京:中国农业出版社,2009.

[7]黄文江,黄义德,陶汉之,等. 水稻旱作条件下的生理特性和经济性性状研究[J]. 安徽农学通报,1999,5(4):22-25.

[8]程建峰,潘晓云,刘宜柏,等. 水稻抗旱性鉴定的形态指标[J]. 生态学报,2005,25(11):3117-3125.

[9]高吉寅,胡荣海,路 漳,等. 水稻等品种苗期抗旱生理指标的探讨[J]. 中国农业科学,1984(4):41-45.

[10]张 强,陈 凯,章禄标,等. 利用回交导入系剖析水旱条件下水稻叶片性状与产量的遗传关系[C]//中国作物学会. 中国作物学会 50 周年庆祝会暨 2011 年学术年会论文集. 北京:中国作物学会,2011.

[11]张仁和,薛吉全,浦 军,等. 干旱胁迫对玉米苗期植株生长和光合特性的影响[J]. 作物学报,2011,37(3):521-528.

[12]王桂梅. 高粱叶片角度遗传研究初报[J]. 作物学报,1988,10(1):77-81.

[13]刘慧娟,饶玉春,杨窑龙,等. 水稻叶鞘相关性状的遗传分析[J]. 分子植物育种,2011,9(3):278-287.

[14]黄 海. 植物叶发育调控机理研究的进展[J]. 植物学通报,2003,20(4):416-422.

[15]杨守仁. 杨守仁水稻文选[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1998.

[16]蔡永萍,杨其光,黄义德. 水稻水作与旱作对抽穗后剑叶光合特性、衰老及根系活性的影响[J]. 中国水稻科学,2000,14(4):28-33.

[17]董海洲,高如嵩. 水陆稻品种早育秧苗生长和抗旱生理的研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,1992,20(4):8-12.

[18]谭 艳,彭尽晖. 植物抗旱机理及抗旱性鉴定方法研究进展[J]. 广西农业科学,2010,41(5):423-426.

[19]崔国贤,沈其荣,崔国清,等. 水稻旱作及对旱作环境的适应性研究进展[J]. 作物研究,2001(3):70-76.