

干旱胁迫对不同穗型超级稻品种产量及穗部性状的影响

张卫星^{1,2}, 朱德峰¹, 林贤青¹, 张玉屏¹, 陈惠哲¹, 朱智伟^{1,2}

(1. 中国水稻研究所, 浙江 杭州 310006; 2. 农业部稻米及制品质量监督检验测试中心, 浙江 杭州 310006)

摘 要: 通过水分仪结合称重法的盆栽试验, 在水稻幼穗分化至灌浆结实的不同时段, 人为控制土壤水分以模拟干旱胁迫的发生, 研究了中度干旱胁迫对不同穗型超级稻品种产量因素及穗部性状的影响。结果表明: 不同时段的中度干旱胁迫对水稻产量及穗部性状都有影响, 最终籽粒产量均比正常供水时显著下降, 穗分化 15~30 d 控水处理影响最大, 其次是开花至花后 15 d 和花后 15~30 d 的控水处理, 减产原因主要是结实率下降和千粒重降低。不同品种受影响的程度有所不同, 超级稻品种较普通杂交稻品种来说相对要小, 但也有受影响较大的超级稻品种, 大穗型品种(国稻 6 号、两优培九、Ⅱ优 7 号)受干旱胁迫的影响程度要低于中穗型品种(天优 998、Ⅱ优 602、汕优 63)。

关键词: 超级稻; 干旱胁迫; 产量因素; 穗部性状

中图分类号: S511.034 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)01-0255-06

近年来, 干旱频繁发生且程度越来越重, 极大地影响着工农业生产和人们的日常生活, 制约着经济社会的可持续发展^[1]。全球水稻生产绝大部分依靠降雨, 常因干旱缺水而减产, 已成为水稻产量不稳不高的主要限制因素^[2,3]。我国水稻种植面积约占粮食播种面积的 30%, 稻谷总产量约占粮食总产量的 40%, 是全国种植范围最大和涉及“三农”面最广的主粮作物, 也是农民增产增收的重要产业之一^[4]。面对人口日益增长、耕地逐年减少和干旱等自然灾害频发的严峻形势, 我国自 1996 年开始实施了超级稻研究计划, 现已育成一批表现较强生长优势和更高产量潜力的超级稻品种^[5], 国内外学者已开始关注我国新育成超级稻的高产栽培与生理生态研

究^[6-8], 但目前针对不同穗型超级稻品种生长发育和产量形成受干旱胁迫影响的相关研究报道较少^[9]。本文通过水分仪结合称重法的盆栽试验, 人为控制土壤水分以模拟干旱胁迫, 研究了幼穗分化至灌浆结实期间不同时段的中度干旱胁迫对不同穗型超级稻品种产量因素及穗部性状的影响, 旨在为超级稻水分生理和合理灌溉提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

以生产上具代表性的普通杂交稻品种汕优 63 为对照, 参试超级稻品种 5 个(表 1)。

表 1 不同穗型水稻品种的穗粒数

Table 1 Total grains per panicle of different panicle type rice varieties

穗型 Type of panicle	总粒数 Number of total grains per panicle	品种及其代号 Varieties and their symbols in the experiment
大穗型 More grains type	200 粒以上 Above 200 grains	国稻 6 号(V1)、两优培九(V2)、Ⅱ优 7 号(V3) Guodao 6 (V1), Liangyoupei jiu (V2), Ⅱ you 7 (V3)
中穗型 Medium grains type	150~200 粒 Interval from 150 to 200 grains	Ⅱ优 602 (V4)、天优 998 (V5)、汕优 63 (V6) Ⅱ you 602 (V4), Tianyou 998 (V5), Shanyou 63 (V6)

1.2 水分处理

以全生育期保持 3~5 cm 浅水层为对照处理,

分别在穗分化发育前期(T1)和后期(T2)、灌浆结实前期(T3)和后期(T4)进行中度干旱胁迫处理(土壤

收稿日期: 2009-02-23
基金项目: 农业部重大科技专项(200701); 中央级公益性科研院所专项资金(CNRR1100015); 浙江省重大科技专项(省长工程)(2006C12001); 现代农业产业技术体系建设专项资金(2009)
作者简介: 张卫星(1979—), 男, 贵州毕节人, 博士, 主要从事作物生理生态与抗旱节水研究。E-mail: zhangwx@zj.com。
通讯作者: 朱德峰, 研究员, E-mail: zhudf@mail.hz.zj.cn。

相对含水量保持在 75%~85%之间),控水持续 15 d 后恢复正常供水。处理期间采用土壤水分速测仪(美国产 ML2x 型)和称重法(XK3100 型电子计重台秤,最小感量 1 g)相结合的方法控水。每天用水分仪动态监测盆内土壤含水量,若临近控水下限(75%),于当天下午 17:00~18:00 补充灌水(补水上限为达到 85%时的需水量),使控水时段盆内土壤含水量基本保持在 80%左右的中度干旱胁迫条件下。除土壤水分差异外,其他尽量保持一致,控水结束后正常供水,非控水时段管理与对照相同。

1.3 栽培管理

试验于 2006 年在中国水稻研究所富阳基地网室防雨棚内进行,棚顶高 4 m,棚内外温度相同,棚内光照为棚外的 80%。瓷釉瓦盆栽培,盆重 5.5 kg,内径 23 cm,高 33 cm,土装至 28 cm 处。供试土壤为粘壤土,肥力中等,容重为 1.179 g/cm³,土壤自然含水量为 27.78%,田间饱和含水量 35.16%。将土先碾碎风干并混均过筛,再每盆分装 13.5 kg 土,相当于土壤容重 1.16 g/cm³,盆和土总重 19 kg。施肥以纯 N 180 kg/hm²,按基肥:蘖肥:穗肥 = 5:3:2;磷肥 450 kg/hm²,全部作基肥;钾肥 225 kg/hm²,基肥和分蘖肥各 50%。施用换算成每盆的肥料用量(基肥:尿素、过磷酸钙、氯化钾各 0.677、1.558、0.389 g;分蘖肥:尿素、氯化钾各 0.406、0.389 g;穗肥:尿素 0.271 g)。移栽前将基肥施入盆内灌水混均、沉实,临栽时再混一次后插秧,选择带蘖数相同且生长较

均匀的秧苗(湿润育秧,25 d 秧龄)进行移栽,每盆栽插 2 株,活棵后选留 1 株。分蘖肥和穗肥则配成溶液结合浇水施用。按照两因素完全随机试验设计,6 个品种,每品种的 4 个控水时段各处理 8 盆,正常供水对照种植 20 盆,共 312 盆,调查测定时选取其中生长较均匀一致的植株作样本。5 月 22 日播种,6 月 15 日移栽,7 月 20 日、8 月 4 日、8 月 20 日、9 月 4 日分别开始 T1、T2、T3、T4 处理的控水,10 月 2 日收获。

1.4 测定项目与方法

生长期记载生育进程和茎蘖动态。成熟期选取各处理生长较均匀一致的 4 株作样本,考查穗部性状(穗长、穗重、一次枝梗数、二次枝梗数)和产量构成因素(有效穗数、每穗总粒数和实粒数、结实率、千粒重),计算单株籽粒产量。试验数据以 EXCEL(国家统计局专用版)和国际通用 SAS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对不同超级稻品种产量性状的影响

2.1.1 产量及其构成因素总变异分析 对不同水分条件下各水稻品种的产量性状总变异进行分析表明(表 2):有效穗在品种间差异极显著,而水分处理间及交互效应不显著;总粒数在品种间和处理间差异极显著,而交互效应为显著;实粒数、结实率、千粒重和单株产量在品种间、处理间以及交互效应均达极显著差异。

表 2 产量及其构成因素总变异方差分析 F 值

Table 2 F values in anova analysis of rice yield and its components under different water condition

变异来源 Source of variance	有效穗 Effective panicles	总粒数 Total grains per panicle	每穗实粒数 Filled grains per panicle	结实率 Fertility rate	千粒重 Weight of 1000-grain	产量 Yield per plant
品种间 Variety	42.70**	42.82**	14.65**	52.63**	284.50**	15.31**
水分间 Water treatment	1.23	38.89**	24.66**	94.97**	59.30**	120.35**
交互项 Water × variety	0.93	1.83*	2.62**	3.36**	3.37**	3.06**

2.1.2 不同水分处理间的产量及其构成因素 进一步分析各品种水分处理间的差异表明(表 3):各控水处理的单株产量、每穗实粒数、千粒重和单穗粒重均显著低于对照,T2 处理的影响最大,其次是 T3 处理和 T4 处理,T1 处理的影响相对要小一些;除 T1 处理的结实率显著高于对照以外,其他控水处理的结实率均显著低于对照;稻穗分化发育期间控水处理(T1、T2)均导致每穗总粒数显著下降;处理间的有效穗数差异相对较小。在穗分化发育的后期阶段控水(T2 处理),复水后紧接着便是抽穗扬花期,生长尚未恢复,对灌浆结实仍有后效,故而影响较大。

2.1.3 不同品种间的产量及其构成因素 由表 4 可以看出,不同时段干旱胁迫均导致水稻产量显著降低,其中穗分化 15~30 d(T2 处理)和开花至花后 15 d(T3 处理)影响较大,比对照平均下降 27.66%和 26.86%,其次是花后 15~30 d(T4 处理),较对照平均下降 24.22%,穗分化至分化后 15 d(T1 处理)比对照平均下降了 20.44%。对不同品种而言,普通杂交稻汕优 63 和重穗型超级稻 II 优 602 受影响较大,产量较对照平均减少 26.30%和 26.26%,其次是超级稻天优 998 和 II 优 7 号,较对照平均减产 25.58%和 25.49%,大穗型超级稻国稻 6 号和两

表 3 不同水分处理间产量及其构成因素的差异

Table 3 Difference in yield and its components of six rice varieties under different water condition

处理 Treatments	有效穗 Effective panicles	总粒数 Total grains per panicle	每穗实粒数 Filled grains per panicle	结实率 Fertility rate (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	产量(g/株) Yield (g/plant)	单穗粒重(g/穗) Grains weight (g/panicle)
CK	18.6 a	197.69 a	159.12 a	80.60 b	25.960 a	75.259 a	4.138 a
T1	18.0 ab	162.35 c	137.48 b	85.16 a	24.587 b	59.808 b	3.390 b
T2	18.1 ab	177.83 b	130.90 c	74.02 c	23.431 d	54.488 d	3.076 c
T3	18.0 ab	194.08 a	133.19 bc	68.76 d	23.326 d	55.003 cd	3.114 c
T4	17.4 b	196.08 a	138.04 b	70.75 d	24.179 c	57.014 c	3.351 b

表 4 不同品种各水分处理的产量及其构成因素

Table 4 Yield and its components of different rice varieties under different water condition

品种 Variety	处理 Treatments	有效穗 Effective panicles	总粒数 Total grains per panicle	每穗实粒数 Filled grains per panicle	结实率 Fertility rate (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	产量(g/株) Yield (g/plant)	单穗粒重(g/穗) Grain weight (g/panicle)
国稻 6 号 Guodao 6	T1	15.7 a	178.5 b	154.8 ab	86.7 a	28.80 b	69.44 b	4.46 ab
	T2	15.0 a	183.1 b	143.8 bc	78.5 b	27.61 c	59.56 c	3.97 bc
	T3	16.0 a	205.4 a	136.3 bc	66.3 c	25.95 d	56.57 c	3.54 c
	T4	15.3 a	206.3 a	129.7 c	62.9 c	27.25 c	54.11 c	3.53 c
	CK	15.7 a	210.6 a	166.7 a	79.0 b	29.62 a	76.35 a	4.94 a
两优培九 Liangyoupeijiu	T1	17.0 a	196.3 b	148.7 ab	75.7 a	22.28 ab	56.13 b	3.30 ab
	T2	16.7 a	211.3 ab	132.6 bc	62.7 b	21.07 b	46.39 c	2.79 c
	T3	18.0 a	219.8 a	137.6 bc	62.5 b	20.74 b	51.04 c	2.86 bc
	T4	18.7 a	219.1 a	130.2 c	59.5 b	21.00 b	50.94 c	2.74 c
	CK	18.0 a	218.2 a	160.2 a	73.5 a	23.23 a	66.93 a	3.72 a
Ⅱ 优 7 号 Ⅱ you 7	T1	18.0 a	149.4 c	130.4 c	87.2 a	24.41 b	57.17 bc	3.18 c
	T2	18.3 a	173.1 b	133.4 c	77.1 b	21.92 c	53.39 c	2.92 c
	T3	16.7 ab	199.8 a	152.8 b	76.5 b	24.01 b	61.12 b	3.67 b
	T4	15.3 b	201.5 a	159.5 b	79.1 b	24.54 b	60.12 bc	3.91 b
	CK	17.0 ab	207.4 a	178.4 a	86.0 a	25.69 a	77.78 a	4.58 a
Ⅱ 优 602 Ⅱ you 602	T1	15.3 ab	150.7 b	135.4 bc	89.8 a	25.83 bc	53.59 b	3.50 b
	T2	16.7 ab	169.1 ab	131.2 c	77.6 cd	25.24 c	55.10 b	3.31 b
	T3	15.7 ab	181.2 a	135.1 bc	74.6 d	25.70 c	54.27 b	3.47 b
	T4	14.7 b	188.2 a	153.3 ab	81.4 bc	26.88 b	60.29 b	4.12 a
	CK	17.0 a	187.0 a	158.8 a	84.8 ab	28.13 a	75.69 a	4.47 a
天优 998 Tianyou 998	T1	23.7 a	156.6 b	127.6 b	81.7 a	21.08 bc	63.65 b	2.69 b
	T2	23.0 a	171.7 ab	123.0 b	71.6 b	20.67 c	58.12 b	2.54 b
	T3	21.7 a	192.7 a	126.4 b	65.7 b	20.36 c	55.73 b	2.57 b
	T4	22.0 a	187.0 a	125.5 b	67.0 b	21.61 b	59.07 b	2.71 b
	CK	23.3 a	190.1 a	150.2 a	79.2 a	22.79 a	79.47 a	3.42 a
汕优 63 Shanyou 63	T1	18.3 a	142.5 b	127.9 ab	89.8 a	25.12 b	58.87 b	3.21 b
	T2	18.7 a	158.7 ab	121.5 bc	76.5 c	24.08 c	54.37 cd	2.92 bc
	T3	20.0 a	165.6 a	110.9 c	66.9 d	23.21 c	51.29 d	2.58 c
	T4	18.7 a	174.3 a	130.0 ab	74.5 c	23.81 c	57.55 bc	3.10 b
	CK	20.7 a	173.0 a	140.4 a	81.1 b	26.30 a	75.33 a	3.70 a

优培九减产幅度相对较低,也分别下降 21.52% 和 23.61%。可见,不同品种减产幅度均在 20% 以上,各控水处理的单株产量均显著低于对照处理。

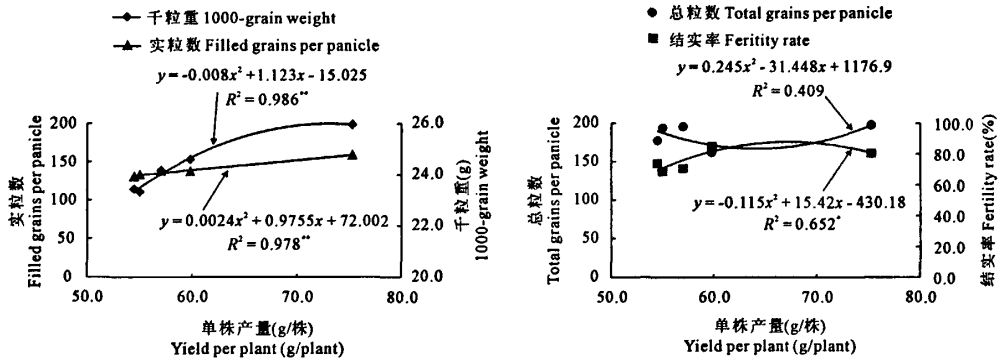
从不同产量构成因素来看,T1 处理主要影响总粒数、结实率和千粒重,与对照相比,总粒数和千粒重平均减少了 17.88% 和 5.29%,而结实率平均增

加了 5.65%；T2 处理主要影响总粒数、千粒重和结实率，分别比对照平均减少了 10.05%、9.74%、8.17%；T3 处理主要影响实粒数、结实率和千粒重，分别比对照平均减少了 16.30%、14.70%、10.15%；T4 处理主要影响实粒数、结实率和千粒重，分别比对照平均下降 13.25%、12.23%、6.86%，尤其是对中、下部籽粒的影响更明显。

从不同时段来看，国稻 6 号 T1 处理的产量较对照减少 9.1%，影响最小，表明此时段虽受中度干旱胁迫影响而总粒数减少，但因复水后的生长补偿效应，结实率较对照显著增加，千粒重也高于其他时段控水；T4 处理影响最大，产量比对照减少 29.1%，其次是 T3 处理和 T2 处理，分别减产 25.9% 和 22.0%；就两优培九而言，T2 处理产量比对照下降最多 (30.7%)，T4 处理和 T3 处理分别减产 23.9% 和 23.7%，T1 处理减产幅度相对较小 (16.1%)。Ⅱ优 7 号的 T1、T2、T3、T4 处理分别减产 26.5%、31.4%、

21.4%、22.7%；Ⅱ优 602 各控水处理产量比对照分别下降 29.2%、27.2%、28.3%、20.3%；天优 998 和汕优 63 各控水处理分别减产 19.9%、26.9%、29.9%、25.7% 和 21.9%、27.8%、31.9%、23.6%。

2.1.4 干旱胁迫影响产量性状的主导因子分析
总体来看，穗分化开始至花后 30 d 不同时段的中度干旱胁迫会对总粒数、结实率、实粒数和千粒重造成较大影响，最终引起产量下降。用二次线性方程拟合不同水分条件下产量与各因素之间的关系表明 (图 1)：实粒数和千粒重与单株产量之间的线性方程均达到极显著水平 ($r = 0.9889^{**}$ 和 0.9930^{**})，结实率与单株产量之间则呈显著线性关系 ($r = 0.8075^{*}$)，而总粒数与单株产量之间的关系未达显著水平 ($r = 0.6395$)。这说明穗分化发育至灌浆结实阶段的干旱胁迫导致产量下降的主要原因在于结实率的下降和千粒重的降低。



图中“*、**”分别表示线性方程的显著性 ($R_{0.05}^2 = 0.642$, $R_{0.01}^2 = 0.841$)。

* and ** in the figure mean significance of the linear equation at 0.05 and 0.01 probability level, respectively ($R_{0.05}^2 = 0.642$, $R_{0.01}^2 = 0.841$).

图 1 不同水分条件下水稻产量与产量因素之间的关系

Fig.1 Relationship between grain yield and its components of six rice varieties under different water condition

2.2 干旱胁迫对不同超级稻品种穗部性状的影响

穗分化发育阶段中度干旱胁迫均导致水稻穗长明显缩短和二次枝梗数显著减少 (表 5)。T1 处理的穗长较对照平均缩短 8.1%，二次枝梗数平均减少 21.1%，其中造成国稻 6 号、两优培九、Ⅱ优 7 号、Ⅱ优 602、天优 998 和汕优 63 的穗长分别比对照缩短 5.4%、2.6%、13.3%、8.5%、9.2%、9.6%，二次枝梗数分别减少 12.2%、11.4%、36.6%、20.4%、21.7%、24.4%。T2 处理的穗长平均缩短 8.4%，二次枝梗数平均减少 9.1%。可见，穗分化至分化后 15 d 中度干旱胁迫对穗器官发育产生深刻影响，二次枝梗分化减少，最终导致颖花量和总粒数明显下降。各品种的一次枝梗数在水分处理间差异不明

显。不同时段干旱胁迫均导致单穗重较对照有不同程度的降低，T2 处理影响最大，平均下降 17.3%，其次是 T1 处理和 T3 处理，分别下降 14.2% 和 13.5%，T4 处理下降 12.0%。不同品种而言，Ⅱ优 7 号的单穗重较对照下降最多，平均下降 20.5%，其次是国稻 6 号、两优培九和天优 998，分别下降 14.7%、15.1%、15.1%，汕优 63 和Ⅱ优 602 平均下降 7.7% 和 12.4%。可以看出，大穗型品种单穗重的下降幅度高于中穗型品种。

3 小结与讨论

水稻不同生育阶段对水分需求不同，受干旱胁迫的影响程度也不同，并且不同类型品种以及同一

表 5 不同品种各水分处理的穗部性状
Table 5 Panicle traits of different rice varieties under different water condition

穗部性状 Trait	处理 Treatments	国稻 6 号 Guodao 6	两优培九 Liangyoupeijiu	Ⅱ 优 7 号 Ⅱ you 7	Ⅱ 优 602 Ⅱ you 602	天优 998 Tianyou 998	汕优 63 Shanyou 63
穗长 Panicle length (cm)	T1	25.2 b	24.2 a	22.6 b	23.3 b	21.3 b	22.8 b
	T2	24.1 c	22.5 b	23.2 b	23.5 b	22.1 b	23.4 b
	T3	26.9 a	24.8 a	25.4 a	25.0 a	23.5 a	24.5 a
	T4	26.7 a	24.9 a	25.4 a	25.8 a	23.2 a	24.9 a
	CK	26.6 a	24.9 a	26.1 a	25.4 a	23.4 a	25.2 a
穗重 Weight per panicle (g)	T1	4.23 ab	3.62 ab	3.04 c	3.50 c	2.77 b	3.13 ab
	T2	4.12 ab	3.03 b	3.17 c	3.47 c	2.77 b	3.03 ab
	T3	3.82 bc	3.35 ab	3.92 b	3.87 bc	2.86 ab	2.78 b
	T4	3.47 c	3.14 a	4.07 b	4.27 ab	2.75 b	3.20 ab
	CK	4.59 a	3.87 a	4.47 a	4.31 a	3.28 a	3.29 a
一次枝梗数 Numbers of primary branches	T1	12.3 a	12.8 a	13.8 a	13.6 b	11.7 ab	12.1 a
	T2	12.3 a	12.7 a	14.5 a	14.6 a	11.4 b	12.1 a
	T3	12.5 a	13.1 a	14.9 a	14.3 a	12.0 ab	12.3 a
	T4	12.3 a	12.9 a	14.2 a	14.2 ab	12.1 a	12.3 a
	CK	12.4 a	12.9 a	14.6 a	14.1 ab	12.2 a	12.4 a
二次枝梗数 Numbers of secondary branches	T1	33.5 c	38.2 b	24.1 c	24.9 b	28.5 b	23.2 c
	T2	36.1 bc	41.8 ab	31.3 b	29.0 ab	32.7 ab	27.4 b
	T3	38.7 ab	43.4 a	35.7 a	30.5 a	37.0 a	30.1 ab
	T4	40.7 a	43.2 a	36.1 a	33.5 a	35.8 a	31.7 a
	CK	38.2 ab	43.1 a	38.0 a	31.3 a	36.4 a	30.7 ab

类型不同品种对干旱的适应性也有差异^[10,11]。孕穗期和灌浆期是水稻需水临界期,此时水分供应与穗部性状和最终产量形成密切相关,目前研究干旱胁迫对水稻植株生长发育和产量形成的影响已有较多报道^[12~19],但针对超级稻品种的专门研究报道较少。本研究表明,穗分化开始至花后 30 d,不同时段的中度干旱胁迫对 5 个超级稻品种和 1 个普通杂交稻品种的穗部性状和产量及其构成因素都有不同程度的影响,最终籽粒产量均比正常供水时显著下降,各品种减产 20% 以上,主要原因是结实率下降和千粒重降低。这充分说明穗分化发育至灌浆结实阶段确实是水稻的水分敏感期,此阶段干旱胁迫将会对产量造成深刻影响,其中穗分化 15~30 d 控水处理影响最大,其次是开花至花后 15 d、花后 15~30 d 的控水处理。穗期阶段的干旱胁迫既影响穗器官生长发育,导致穗长明显缩短和二次枝梗数显著减少,又影响籽粒结实灌浆,总粒数、结实率、实粒数和千粒重也受到较大影响;结实阶段的干旱胁迫主要是导致结实率下降、实粒数减少、千粒重降低。不同品种受干旱胁迫影响的程度有所不同,超级稻品种受影响程度较普通杂交稻品种来说相对要小,但也有受影响较大的超级稻品种,其中普通杂交稻汕优

63 和重穗型超级稻Ⅱ 优 602 受影响较大,其次是超级稻天优 998 和Ⅱ 优 7 号,大穗型超级稻国稻 6 号和两优培九减产幅度相对较低。可见,无论超级稻还是普通杂交稻,其产量及穗部性状受干旱胁迫的影响与品种穗型有关。3 个大穗型品种(国稻 6 号、两优培九、Ⅱ 优 7 号)受干旱胁迫的影响程度低于 3 个中穗型品种(天优 998、Ⅱ 优 602、汕优 63),这可能与大穗型品种的粒数多、产量因素相互补偿调节的空间相对较大有关。

参 考 文 献:

[1] 山 仑.植物抗旱生理研究与发展旱地农业[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):1—5.
[2] IRRI(International Rice Research Institute), Rice Almanac, IRRI - WARDA - CIAT, 2nd Edition [M]. IRRI, Los Banos, Manila: Philippines, 1997:181.
[3] Guerra L C, Bhuiyan S I, Tuong T P, et al. Producing more rice with less water from irrigated systems[M]. Colombo, Sri Lanka: SWIM (System - Wide Initiative on Water Management) Paper 5, 1998.
[4] 程式华,李 建.现代中国水稻[M].北京:金盾出版社,2007.
[5] 袁隆平.超级杂交水稻育种研究的进展[J].中国稻米,2008,(1):1—3.
[6] 吴文革,张洪程,吴桂成,等.超级稻群体籽粒库容特征的初步

- 研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(2): 250—257.
- [7] 邹应斌, 周上游, 唐起源. 中国超级杂交水稻超高产栽培研究的现状与展望[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(1): 31—35.
- [8] Ma J, Zhu Q S, Ma W B, et al. Studies on the photosynthetic characteristics and assimilate's accumulation and transformation in heavy panicle type of rice [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(6): 602—608.
- [9] 张卫星, 朱德峰. 水分亏缺对水稻生长发育、产量和稻米品质影响的相关研究[J]. 中国稻米, 2007, (5): 1—4.
- [10] Lilley J M, Fukai S. Effect of timing and severity of water deficit on four diverse rice cultivars. III. Phenological development, crop growth and grain yield [J]. Field Crops Research, 1994, 37(3): 225—234.
- [11] Wopereis M C S, Kropff M J, Maligaya A R, et al. Drought-stress responses of two lowland rice cultivars to soil water status[J]. Field Crops Research, 1996, 46: 21—39.
- [12] Boonjung H, Fukai S. Effects of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions. 2. Phenology, biomass production and yield[J]. Field Crops Research, 1996, 48: 47—55.
- [13] Pantuwan G, Fukai S, Cooper M, et al. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. 1. Grain yield and yield components[J]. Field Crops Research, 2002, 73(2—3): 153—168.
- [14] Venuprasad R, Lafitte H R, Atlin G N. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice[J]. Crop Science, 2007, 47: 285—293.
- [15] 王成爱, 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.
- [16] 邵玺文, 张瑞珍, 齐春艳, 等. 拔节孕穗期水分胁迫对水稻生长发育及产量的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(3): 237—241.
- [17] 刘 凯, 张 耗, 张慎凤, 等. 结实期土壤水分和灌溉方式对水稻产量与品质的影响及其生理原因[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 268—276.
- [18] 张荣萍, 马 均, 王贺正, 等. 不同灌水方式对水稻结实期一些生理性状和产量的影响[J]. 作物学报, 2008, 34(3): 486—495.
- [19] 郑桂萍, 李红宇, 刘丽华, 等. 土壤水势对寒地水稻穗部性状和产量的影响[J]. 中国水稻科学, 2006, 20(4): 417—423.

The effect of drought stress on yield and panicle traits of different type super rice varieties during panicle initiation to grain filling stage

ZHANG Wei-xing^{1,2}, ZHU De-feng¹, LIN Xian-qing¹, ZHANG Yu-ping¹,
CHEN Hui-zhe¹, ZHU Zhi-wei^{1,2}

(1. China National Rice Research Institute, Hangzhou, Zhejiang 310006, China;

2. Rice Product Quality Inspection and Supervision Center, Ministry of Agriculture, Hangzhou, Zhejiang 310006, China)

Abstract: With experiment cultivated in pots and contrived simulation of drought stress, method to determine soil moisture by electronic balance (made in Shanghai) and W.E.T Sensor (ML2x type, made in USA), the effect of drought stress on panicle traits and yield components of different panicle type rice varieties (more or middle grains per panicle) was studied. The results showed that middle level drought stress of different stage from panicle initiation to grain filling had various degree of influence on rice panicle characteristics, yield and its components, and caused the reduction of grain yields (more than 20% of each variety). Water treatment from 15 to 30 days after panicle initiation had the greatest influence, followed by 0 ~ 15 d and 15 ~ 30 d after flowering, however, 0 ~ 15 d after panicle initiation had the least influence. Compared with normal water supply, drought stress during panicle growth and development stage led to panicle length decrease obviously and numbers of the secondary branches and total spikelets per panicle reduce significantly, and drought stress during grain filling led to great reduction of filled grain numbers, fertility rate and 1000-grain weight, which caused the reduction of grain yields. The affecting degree of drought stress on panicle traits and yield components varied from these varieties because of different sensitivity to water stress, and the influence on super rice varieties was less compared with common hybrid rice variety (Shanyou 63) in general. The rice varieties with more grains per panicle (eg. Guodao 6, Liangyoupeijiu and II you 7) showed lower degree influence of drought stress on yield components and panicle traits than those with middle grains per panicle (eg. Tianyou 998, II you 602 and Shanyou 63).

Keywords: super rice; drought stress; yield and its components; panicle traits