

杂交中稻分蘖期干旱对产量的影响及其缓解技术研究

徐富贤^{1,2} 蒋鹏¹ 张林^{1,2} 熊洪^{1,2*} 周兴兵¹ 朱永川¹ 刘茂¹ 郭晓艺¹

(¹四川省农业科学院水稻高粱研究所/农业部西南水稻生物学与遗传育种重点实验室, 四川 泸州 646000; ²国家水稻改良中心四川泸州分中心, 四川 泸州 646100; 第一作者: xu6501@163.com; * 通讯作者)

摘要:以杂交中籼迟熟组合宜香优 300 和川谷优 642 为材料, 在海南陵水旱季大田条件下, 研究了分蘖期干旱处理对中籼迟熟杂交稻产量的影响及其缓解技术。结果表明, 干旱会造成水稻减产, 主要原因是有效穗数和穗粒数显著降低; 干旱期间平均田间持水量可作为预测产量损失度的依据; 分蘖期干旱处理下, 稻谷产量随着施氮量和移栽密度的增加而增加, 适当提高本田施氮水平和移栽密度, 可显著降低分蘖期干旱的产量损失度。

关键词:杂交中稻; 分蘖期; 干旱; 产量损失度; 缓解技术

中图分类号:S511.07 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)06-0057-03

在大面积生产上水稻分蘖期常发生干旱, 抑制了水稻分蘖的发生, 致使有效穗数不足而减产, 但其减产程度与干旱强度有关。先期对水稻的抗旱研究主要集中在品种的耐旱特性方面^[1-4], 而且多在盆栽条件下进行, 在大田生产条件下开展水稻受旱方面的研究难以控制自然降雨的影响而甚少。为此, 笔者在海南陵水旱季开展了杂交中稻分蘖期干旱程度对中籼迟熟杂交稻产量的影响及其缓解技术研究, 以为大面积水稻抗旱策略制定提供科学依据。

1 材料与方法

试验设在四川省农科院海南陵水试验基地水泥池。试验地前茬水稻, 其土质均匀。

1.1 分蘖期干旱程度与产量关系试验

以杂交中籼迟熟组合宜香优 300 为材料, 2014 年 12 月 5 日播种, 地膜湿润育秧, 12 月 29 日移栽中苗秧, 栽插规格 26.64 cm×16.65 cm, 每丛栽 2 株。本田期每 667 m² 施纯 N 10 kg, 其中底肥占 60% (底肥同时施磷肥 50 kg/667 m²、钾肥 10 kg/667 m²)、分蘖肥占 20%、穗肥占 20%。其他水分管理及病虫害防治同大面积生产。于移栽返青期 (2015 年 1 月 4 日) 开始排水干旱, 设 7 个干旱处理: 干旱 7 d、14 d、21 d、28 d、35 d、42 d 和 49 d。以全生育期保持浅水为对照。干旱处理期间仅 2015 年 2 月 9 日降雨 1 次, 干旱处理结束后立即灌浅水至成熟。大区比较, 面积 71.34 m², 无重复。

考查项目: 稻田基础土壤肥力; 主要生育期; 干旱期间每 7 d 测 1 次土壤田间相对持水量 (每大区测 6 个点求平均); 最高苗数、有效穗数、穗部性状及小区实

产。

1.2 本田密肥处理对分蘖期干旱的缓解效果试验

以川谷优 642 为材料, 2015 年 12 月 8 日播种。设 2 个施氮量: 8 kg/667 m² 和 12 kg/667 m²; 3 种移栽密度: 1.3 万/667 m²、1.5 万/667 m² 和 1.7 万/667 m²; 每丛栽插 2 苗。试验采用裂区设计, 施氮量为主区, 施氮模式为副区, 移栽密度为副副区, 3 次重复, 小区面积 15 m²。氮肥按底肥和分蘖肥 2 次施用, 比例为 7:3。稻田水分管理: 返青后连续干旱 20 d, 后建立水层直至成熟, 其他按高产栽培管理进行。

考查项目: 于成熟期每小区收获 5 m² (边 3 行除外) 用于产量测定, 每小区单打单晒, 经风选后称重, 并折算含水量 14% 后记为实收产量。同时, 每小区调查 20 丛植株的穗数用于计算单位面积有效穗数。按平均茎蘖数取样 5 丛, 考察穗粒结构。

2 结果与分析

2.1 分蘖期干旱程度对水稻产量的影响

从表 1 可见, 与对照相比, 干旱处理的最高苗期均延迟 7 d, 干旱 7 d、14 d、21 d 这 3 个处理的齐穗期和成熟期与 CK 相近, 而干旱 28 d 以上的处理, 随着干旱时间的延长, 齐穗期和成熟期越迟, 齐穗期比 CK 推迟 2~4 d, 成熟期比 CK 推迟 3~5 d。

从表 2、表 3 可见, 随着干旱时间的延长, 田间土壤

收稿日期: 2017-07-20

基金项目: 国家水稻产业体系 (CARS-01-29); 粮食科技丰产工程 (2011BAD16B05-1)

表 1 各处理的生育期表现 (月-日)					
处理	播种期	移栽期	最高苗期	齐穗期	成熟期
CK	12-05	12-29	02-04	03-23	04-18
干旱 7 d	12-05	12-29	02-11	03-23	04-18
干旱 14 d	12-05	12-29	02-11	03-23	04-18
干旱 21 d	12-05	12-29	02-11	03-24	04-18
干旱 28 d	12-05	12-29	02-11	03-25	04-19
干旱 35 d	12-05	12-29	02-11	03-25	04-21
干旱 42 d	12-05	12-29	02-11	03-27	04-23
干旱 49 d	12-05	12-29	02-11	03-27	04-24

表 2 各处理干旱期间田间相对持水量			
干旱天数 Z_1	测定日期(月-日)	含水量 Z_2 (%)	处理期内平均含水量 Z_3 (%)
CK	01-14	99.99	99.99
干旱 7 d	01-21	92.67	96.33
干旱 14 d	01-28	80.58	91.48
干旱 21 d	02-04	76.85	87.23
干旱 28 d	02-11	43.00	80.41
干旱 35 d	02-18	40.77	72.71
干旱 42 d	02-25	31.72	66.63
干旱 49 d	03-04	26.40	61.26
与干旱天数的 r		-0.9738**	-0.9949**

表 3 各处理的产量及穗粒结构*							
处理	最高苗数 (x_1 , 万/667 m ²)	有效穗数 (x_2 , 万/667 m ²)	穗粒数 (x_3 , 粒)	结实率 (x_4 , %)	千粒重 (x_5 , g)	产量 (x_6 , kg/667 m ²)	产量损失度 (y , %)
CK	25.80	14.97	126.35	82.25	33.56	526.19	0
干旱 7 d	24.08	14.55	121.77	83.30	34.28	482.21	8.36
干旱 14 d	18.75	12.84	120.49	82.79	33.55	424.81	19.27
干旱 21 d	15.45	11.73	119.31	86.85	35.13	413.08	21.50
干旱 28 d	16.50	11.67	98.09	87.38	35.20	341.68	35.07
干旱 35 d	17.10	11.34	81.01	87.11	38.24	306.81	41.69
干旱 42 d	13.73	10.79	59.36	88.62	38.39	189.35	64.02
干旱 49 d	13.13	12.08	47.76	88.09	37.07	179.15	65.95
与干旱天数的 r	-0.9097**	-0.8370*	-0.9498**	0.9168**	0.8742**	-0.9846**	0.9846**

* 产量损失度 $y=(CK \text{ 产量}-\text{干旱处理产量})\div CK \text{ 产量}\times 100(\%)$ 。

表 4 产量损失度与穗粒结构的多元回归分析					
回归方程	R ²	F 值	偏相关系数	t 检验值	p
$Y=260.61-5.5413X_2-0.7266X_3-2.4964X_5$	0.9946	243.60	$r(y, x_2)=0.9484$	5.98	0.0019
			$r(y, x_3)=0.9868$	12.21	0
			$r(y, x_5)=0.7536$	2.29	0.0704

表 5 干旱的产量损失度(y)与干旱期间平均田间持水量(z_3)的回归分析					
回归方程	R ²	F 值	偏相关系数	t 检验值	p
$y=171.32-1.6991z_3$	0.9782	268.61	$r(y, z_3)=0.9890$	16.39	0

相对持水量显著下降,产量极显著下降;干旱天数与最高苗数和穗粒数呈显著负相关,与结实粒和千粒重呈极显著正相关。从多元回归分析结果(表 4)可见,干旱造成有效穗数和穗粒数显著降低,这是产量损失的主要原因。

干旱的产量损失度与干旱程度的回归分析结果(表 5)表明,干旱处理产量的损失度(y)主要受旱早期

间平均田间持水量(z_3)的影响,而干旱持续天数(z_1)和处理结束时的含水量(z_2)则未入选。因此,利用旱期间平均田间持水量可作为预测产量损失度的依据。

2.2 本田密肥对分蘖期干旱的缓解效果

由表 6 可知,分蘖期干旱处理下施氮量 12 kg/667 m² 的处理较施氮量 8 kg/667 m² 的处理平均增产 19.1 kg/667 m²,增幅为 3.9%;随着移栽密度的增加产量显

表 6 分蘖期干旱下施氮量和移栽密度对杂交稻产量及其构成的影响

施氮量 (kg/667 m ²)	密度 (万/667 m ²)	有效穗数 (万/667 m ²)	穗粒数 (粒/穗)	颖花数 (万/667 m ²)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/667 m ²)
8	1.3	12.1 c	116.8 a	1453 a	89.4 a	28.4 a	486.0 bc
	1.5	13.2 b	119.9 a	1584 a	90.4 a	28.2 a	496.9 b
	1.7	14.1 a	111.8 a	1578 a	91.8 a	28.0 a	505.1 b
12	1.3	13.4 b	121.0 a	1602 a	91.4 a	27.8 a	501.8 b
	1.5	13.4 b	115.4 a	1553 a	89.3 a	28.3 a	503.3 b
	1.7	14.4 a	119.9 a	1738 a	87.6 a	28.0 a	540.2 a

著增加,从其产量构成来看,其优势主要表现在有效穗数和颖花数上。随着移栽密度的增加,每穗粒数、结实率和千粒重差异不显著。表明提高施氮水平和适当增加本田栽秧密度,有利于减轻分蘖期干旱对产量的影响。

3 讨论

关于水稻的抗旱性在品种方面研究较多,徐富贤等^[1]认为,4叶期和分蘖盛期及之前发生的根为下层根,主要分布于土壤表层下10~30 cm区域,当稻田受旱时,该区域的土壤含水量相对比土壤表层下10 cm以内的高,以致4叶期和分蘖盛期的发根力分别与品种自身抽穗开花期植株含水量和抗旱性呈极显著正相关。曲延英等^[2]指出,旱田中午叶片水势与抗旱系数及旱田单株产量呈极显著正相关,旱田叶片水势变化与抗旱系数及旱田单株产量呈极显著负相关,说明旱田中午叶片水势高且能保持凌晨基础叶片水势的品种更具抗旱性。袁哲明等^[3]研究结果显示,从24个形态生理指标中经支持向量回归(SVR)非线性筛选得苗高、脯氨酸含量、丙二醛含量、叶龄、心叶下倒1叶面积、抗坏血酸含量等6个综合指标,以此建立的SVR模型拟合精度与留一法预测精度均明显优于参比线性模型。金千瑜等^[4]研究结果表明,在干旱胁迫下,依据叶片卷曲表现可将参试品种划分为敏感型(如中旱1号)、中间型(如旱稻8号)和钝感型(如巴西陆稻)三种类型。笔者近期研究指出,分蘖期干旱土壤含水量达近60%,穗

分化期干旱土壤含水量达近80%时,水稻产量均极显著降低^[5]。大穗和发根力强的组合,穗分化期抗旱能力强;干旱处理下产量越高的组合抗旱能力越强。分蘖期抗旱指数与穗分化期的抗旱指数无相关性。在水种条件下,千粒重较低的组合抗旱能力较强;在受旱条件下,千粒重低和产量高的组合抗旱能力强。

以上研究主要是基于品种的抗旱性特征,有关抗旱栽培管理的研究较少。本研究结果表明,干旱造成产量损失的主要因素是有效穗数和穗粒数的显著降低;利用干旱期间平均田间持水量可作为预测产量损失度的依据;分蘖期干旱处理下,产量随着施氮量和移栽密度的增加而增加。由此可见,在水稻生长前期发生短期季节性干旱时,增加施氮量可提高水稻产量,适当地增加移栽密度是防止水稻生长因前期短期季节性干旱而造成减产的关键栽培技术。

参考文献

[1] 徐富贤,郑家奎,朱永川,等. 杂交中稻发根力与抽穗开花期抗旱性的关系[J]. 作物学报,2003,29(2):188-193.
[2] 曲延英,穆平,李雪琴,等. 水、旱栽培条件下水稻叶片水势与抗旱性的相关分析及其QTL定位[J]. 作物学报,2008,34(2):198-206.
[3] 袁哲明,谭显胜. 基于支持向量机非线性筛选水稻苗期抗旱性指标[J]. 作物学报,2010,36(7):1176-1182.
[4] 金千瑜,欧阳由男,禹盛苗,等. 土壤干旱胁迫对不同水稻品种叶片卷曲的影响[J]. 中国水稻科学,2003,17(4):349-354.
[5] 徐富贤,张林,熊洪,等. 杂交中稻组合的耐旱性与植株地上部分性状的关系[J]. 农业科学与技术,2014,15(1):21-27.

Effects of Drought in Tillering Stage on Yield of Hybrid Rice and Its Mitigation Techniques

XU FuXian^{1,2}, JIANG Peng¹, ZHANG Lin^{1,2}, XIONG Hong^{1,2*}, ZHOU Xingbing¹, ZHU YongChuan¹, LIU Mao¹, GUO XiaoYi¹
(¹ Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Southwest Rice Biology and Genetic Breeding, Ministry of Agriculture, Luzhou, Sichuan 646000, China; ² Luzhou Branch of National Rice Improvement Center, Luzhou, Sichuan 646100, China; 1st author: xu6501@163.com; *Corresponding author)

Abstract: The effects of drought in tillering stage on yield and its mitigation techniques were studied in the field in dry-season conditions of Lingshui County of Hainan Province, the medium *indica* hybrid rice combination Yixiangyou 300 and Chuanguyou 642 as materials. The results showed that the effective panicles and spikelets per panicle were significantly reduced by drought in tillering stage, which were the main factors of yield lost. The average soil moisture content during the drought stage can be used as the basis for predicting the yield loss. The yield increased with the increase of nitrogen rate and transplanting density. The yield loss degree of drought in tillering stage could significantly reduce by appropriate nitrogen rate and transplanting density.

Key words: hybrid rice; tillering stage; drought; yield loss degree; mitigation technique