

# 江西省双季早稻高温热害缓解技术试验研究

乐丽红<sup>1,2</sup> 陈忠平<sup>1</sup> 程飞虎<sup>1\*</sup> 李春广<sup>3</sup> 刘凯<sup>4</sup> 邹爱民<sup>4</sup> 汤金仪<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 江西省农业技术推广总站, 江西 南昌 330045; <sup>2</sup> 余干县农业局, 江西 余干 335100; <sup>3</sup> 全国农业技术推广服务中心, 北京 100026; <sup>4</sup> 弋阳县农业局, 江西 弋阳 334400; 第一作者: 13732977796@163.com; \* 通讯作者: chengfeihu@vip.163.com)

**摘要:**为减轻或避免高温热害对江西早稻产量及品质的影响,研究了不同播期、不同水管理、不同肥料运筹、不同类型叶面肥及浓度和施用时期对早稻高温热害的缓解作用。结果表明,将播期提前到3月中下旬,采用轻干湿交替水管理方式,氮肥后移、增施穗肥及抽穗扬花期喷施叶面肥能有效缓解早稻高温热害,减少早稻产量损失,同时还可增加群体通透性,减轻病虫害发生,减少农药用量,提高肥料利用率,减轻了农业面源污染,保护了生态环境,促进了农业可持续发展。

**关键词:**早稻;高温热害;缓解技术

**中图分类号:**S511.048 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2018)01-0087-05

随着全球气候变暖趋势越来越严重,高温热害对水稻的影响日益得到人们的重视<sup>[1]</sup>。目前关于高温热害的研究主要侧重于高温热害的时空变化规律<sup>[2-4]</sup>,高温对水稻生长发育、产量和品质性状、生理生化特性的影响<sup>[5-10]</sup>,以及热害发生的气候条件<sup>[11-12]</sup>、热害预测和评估<sup>[13-14]</sup>等方面,针对高温热害缓解技术的研究少见报道。

江西是粮食主产省,粮食作物以水稻为主,2015年江西省粮食作物播种面积为370.560万hm<sup>2</sup>,其中早稻播种面积为139.153万hm<sup>2</sup>;粮食总产量2148.5万t,其中早稻总产量为812.0万t。江西早稻播种面积及总产量均占其粮食作物播种面积及总产量的40%左右。高素华等<sup>[15]</sup>研究表明,江西省6月底至7月中旬出现的持续高温天气会导致早稻灌浆期缩短,成熟期提前,结实率和千粒重下降,严重影响早稻产量,“高温逼熟”已成为江西省早稻生产的主要农业气象灾害。因此,笔者针对江西省早稻灌浆结实期高温天气,开展了高温热害缓解技术集成研究,以期减轻或避免高温热害对江西早稻产量及品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验基本情况

试验安排在江西省弋阳县花亭场花亭村,设置了不同播种期对比试验、不同水管理试验、不同叶面肥对比试验、不同类型和浓度叶面肥对比试验、不同类型和施用时期叶面肥对比试验、穗肥施用及不同穗肥比例对比试验。供试土壤为潴育型水稻土,土壤质地为粘壤土,肥力中等、均匀。供试肥料:46%尿素、12%钙镁磷肥、60%氯化钾、吨田宝(黑龙江禾田丰泽兴农业科技开

发有限公司)、喷施宝(广西北海喷施宝有限公司)、碧护(德国阿格福莱农林环境生物技术股份有限公司)、磷酸二氢钾(湖南正旺农肥科技有限公司)。大田施肥情况:纯N 180 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 60 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 135 kg/hm<sup>2</sup>。2012-2015年弋阳县早稻生产期间均遇到高温天气,具体高温时段如下:2012年6月29日至7月14日,2013年6月17-24日、7月1-13日、7月17-26日,2014年6月14-16日、7月6-11日、7月17-23日,2015年6月24-30日、7月13-16日。

### 1.2 不同播种期对比试验

以优I 2058为供试品种,设置3个播期处理,分别为3月23日、3月28日、4月2日。试验采用随机区组设计,3次重复,共9个小区,小区面积66.7 m<sup>2</sup>。收获前田间取样进行室内考种,考查产量结构,小区单打单收实割测产。

### 1.3 不同水管理对比试验

以优I 2058为供试品种,在水稻抽穗扬花期设轻干湿交替和淹水(CK)2个处理,轻干湿交替即灌浅水层3 cm左右,待自然落干后再灌浅水层3 cm左右,如此循环;淹水处理是一直保持3 cm左右浅水层。3次重复,共6个小区,小区面积66.7 m<sup>2</sup>。收获前田间取样考查产量结构,小区单打单收实割测产。

### 1.4 不同叶面肥对比试验

以优I 2058为供试品种,在水稻抽穗扬花期设置

收稿日期:2017-10-29

**基金项目:**科技部公益性行业(农业)科研专项(201203029)

表 1 不同播期对水稻产量及产量结构的影响

时间	播种期 (月-日)	有效穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	总粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	实际产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
2013	03-23	322.5	108.0	82.1	26.5	7 578.0	6 630.0 aA
	03-28	318.0	105.0	81.8	26.4	7 210.5	6 405.0 AB
	04-02	313.5	103.0	81.8	26.1	6 894.0	6 165.0 cB
2014	03-23	319.5	99.0	81.2	29.4	7 551.0	7 275.0 aA
	03-28	319.5	98.0	81.3	29.5	7 509.0	7 260.0 aA
	04-02	303.0	96.0	81.2	29.0	6 849.0	6 825.0 bB
平均	03-23	321.0	103.5	81.7	28.0	7 582.5	6 952.5 aA
	03-28	319.5	101.5	81.6	28.0	7 374.0	6 832.5 aAB
	04-02	309.0	99.5	81.5	27.6	6 886.5	6 495.0 bB

同列数据后不同小、大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著。下同。

5 个处理:处理 1,每 667 m<sup>2</sup>用“吨田宝”30 mL 对水 20 kg 喷施;处理 2,每 667 m<sup>2</sup>用“喷施宝”30 mL 对水 30 kg 喷施;处理 3,每 667 m<sup>2</sup>用“碧护”3 g 对水 30 kg 喷施;处理 4,每 667 m<sup>2</sup>用磷酸二氢钾 200 g 对水 100 kg 喷施;处理 5,喷施清水(CK)。试验采用随机区组设计,3 次重复,共 15 个小区,小区面积 50 m<sup>2</sup>,小区之间设 1 m 宽隔离带,试验区设置保护行,收获前田间取样考查产量结构,小区单打单收实割测产。

1.5 不同类型和浓度叶面肥对比试验

以优 I 2058 为供试品种,在水稻抽穗扬花期设置 11 个处理:处理 1,每 667 m<sup>2</sup>用“吨田宝”30 mL 对水 20 kg 喷施;处理 2,每 667 m<sup>2</sup>用“吨田宝”45 mL 对水 20 kg 喷施;处理 3,每 667 m<sup>2</sup>用“吨田宝”60 mL 对水 20 kg 喷施;处理 4,每 667 m<sup>2</sup>用“喷施宝”30 mL 对水 30 kg 喷施;处理 5,每 667 m<sup>2</sup>用“喷施宝”45 mL 对水 30 kg 喷施;处理 6,每 667 m<sup>2</sup>用“喷施宝”60 mL 对水 30 kg 喷施;处理 7,每 667 m<sup>2</sup>用“碧护”3.0 g 对水 30 kg 喷施;处理 8,每 667 m<sup>2</sup>用“碧护”4.5 g 对水 30 kg 喷施;处理 9,每 667 m<sup>2</sup>用“碧护”6.0 g 对水 30 kg 喷施;处理 10,每 667 m<sup>2</sup>用磷酸二氢钾 200 g 对水 100 kg 喷施;处理 11,喷施清水(CK)。每个处理 2 次重复,共 22 个小区,小区面积 50 m<sup>2</sup>,小区之间设 1 m 宽隔离带,试验区设置保护行,收获前田间取样考查产量结构,小区单打单收实割测产。

1.6 不同类型和施用时期叶面肥对比试验

以优 I 2058 为供试品种,设置破口期、抽穗扬花期、灌浆结实期 3 个处理时期,每 667 m<sup>2</sup>分别用“吨田宝”30 mL 对水 20 kg、磷酸二氢钾 200 g 对水 100 kg 各喷施 1 次,以喷清水为对照,共 9 个处理,每个处理 2 次重复,共 18 个小区,小区面积 50 m<sup>2</sup>,小区之间设 1 m 宽隔离带,试验区设置保护行,收获前田间取样考查产量结构,小区单打单收实割测产。

1.7 不同施肥处理对比试验

以优 I 2058 为供试品种,设置施穗肥(氮肥的基蘖

穗肥比例为 5:3:2)和不施穗肥(氮肥的基蘖肥比例为 5:5)2 个处理。每个处理 2 次重复,共 4 个小区,小区面积 133.4 m<sup>2</sup>。小区筑宽 30 cm、高 20 cm 的田埂,并用薄膜封实,严防小区之间肥水渗漏,试验区设置保护行,收获前田间取样考查产量结构,小区单打单收实割测产。

1.8 不同穗肥施用比例对比试验

以陆两优 99 为供试品种,根据穗肥占施肥总量的比例不同,设 5 个处理:穗肥占 50%(N 肥中基:蘖:穗=2.5:2.5:5,下同);穗肥占 40%(3:3:4);穗肥占 30%(3.5:3.5:3);穗肥占 20%(4:4:2);不施穗肥(5:5:0)(CK)。钾肥分基肥、穗肥,各占 50%,磷肥全部作基肥。每个处理 2 次重复,共 10 个小区,小区面积 66.7 m<sup>2</sup>。小区筑宽 30 cm、高 20 cm 的田埂,并用薄膜封实,严防小区之间肥水渗漏,试验区设置保护行,收获前田间取样考查产量结构,小区单打单收实割测产。

2 结果与分析

2.1 不同播期对高温热害的缓解作用

从表 1 可以看出,早稻优 I 2058 以 3 月 23 日、3 月 28 日播期处理的产量较高,较 4 月 2 日播期处理平均高 30.5 kg/667 m<sup>2</sup> 和 22.5 kg/667 m<sup>2</sup>,增幅为 7.04%和 5.20%,达极显著水平,主要是因有效穗数、总粒数、结实率及千粒重不同而造成的。由此可见,将早稻播期提前到 3 月下旬,可降低因高温热害而造成的产量损失,缓解高温热害。

2.2 不同水分管理对高温热害的缓解作用

由表 2 可知,与轻干湿交替处理相比,淹水处理产量减少了 1 914.0 kg/hm<sup>2</sup>,有效穗数减少 12.0 万/hm<sup>2</sup>,总粒数减少 21.0 粒/穗,结实率降低 5.2 个百分点,千粒重降低 0.9 g。从稻米品质检测结果(表 3)来看,淹水处理垩白粒率提高了 0.7 个百分点,出糙率、精米率、整精米率分别降低 0.5、0.8、0.5 个百分点。上述结果表明,淹水处理不是缓解高温热害的有效措施,还会对水

表 2 2012 年不同水分管理方式对水稻产量及产量结构的影响							
处理	有效穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	总粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	实际产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增幅 (%)
轻干湿交替	283.5	115	80.8	26.3	6 928.5	6 636.0 aA	40.53
淹水(CK)	271.5	94	75.6	25.4	4 893.0	4 722.0 bB	—

表 3 不同水分管理方式对稻米品质的影响					
处理	垩白粒率 (%)	垩白度 (%)	出糙率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)
轻干湿交替	22.1	4.5	81.2	72.7	64.1
淹水(CK)	22.8	5.0	80.7	71.9	63.6

表 4 2012 年不同叶面肥对水稻产量及产量结构的影响							
叶面肥 种类	有效穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	总粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	实际产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增幅 (%)
喷施宝	282	108	82.6	25.8	6 490.5	6309.0 aAB	2.99
吨田宝	282	107	82.9	26.1	6 528.0	6348.0 aA	3.62
碧护	282	109	82.4	25.9	6 559.5	6337.5 aA	3.45
磷酸二氢钾	282	107	82.3	25.7	6 382.5	6252.0 aAB	2.06
清水(CK)	282	105	82.5	25.6	6 490.5	6051.0 bAB	—

表 5 2013 年不同类型和浓度叶面肥对水稻产量及产量结构的影响								
处理		有效穗数	总粒数	结实率	千粒重	理论产量	实际产量	增幅
叶面肥	浓度	(万/hm <sup>2</sup> )	(粒/穗)	(%)	(g)	(kg/hm <sup>2</sup> )	(kg/hm <sup>2</sup> )	(%)
吨田宝	1.50 mL/kg	283.5	106.0	81.8	26.4	6 489.0	6 330.0 iE	5.24
	2.25 mL/kg	283.5	113.0	82.2	26.7	7 030.5	6 780.0 abA	12.72
	3.00 mL/kg	283.5	109.0	82.0	26.5	6 715.5	6 525.0 efBC	8.48
喷施宝	1.0 mL/kg	283.5	107.0	82.3	26.4	6 591.0	6 480.0 fgCD	7.73
	1.5 mL/kg	283.5	112.0	82.8	26.6	6 993.0	6 750.0 bA	12.22
	2.0 mL/kg	283.5	108.0	82.5	26.4	6 669.0	6 480.0 fgCD	7.73
碧护	100 mg/kg	283.5	106.0	81.9	26.5	6 522.0	6 405.0 hDE	6.48
	150 mg/kg	283.5	113.0	82.3	26.8	7 066.5	6 825.0 aA	13.47
	200 mg/kg	283.5	110.0	82.2	26.6	6 819.0	6 600.0 cdB	9.73
吨田宝	平均	283.5	109.3	82.0	26.5	6 733.5	6 544.5 deBC	8.81
喷施宝		283.5	109.0	82.5	26.5	6 759.0	6 570.0 cdeB	9.23
碧护		283.5	109.7	82.1	26.6	6 795.0	6 610.5 cB	9.89
磷酸二氢钾(0.2%)		283.5	108.0	82.1	26.5	6 661.5	6 435.0 ghD	6.98
清水(CK)		283.5	104.0	81.6	26.1	6 279.0	6 015.0 jF	—

稻生长造成不利影响,田间长势明显变差,病虫害加重,每穗粒数和结实率减少,稻米品质下降。采用“轻干-湿”交替水分管理方式有助于缓解水稻高温热害。

2.3 不同叶面肥对水稻高温热害的缓解作用

从表 4 可见,抽穗期喷施不同生长调节剂均有增产的效果,尤以喷施“吨田宝”增产效果最佳,产量为 6 348.0 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增产 222.0 kg/hm<sup>2</sup>,其他处理产量从高到低依次为“碧护”、“喷施宝”、磷酸二氢钾,产量分别为 6 337.5 kg/hm<sup>2</sup>、6 309.0 kg/hm<sup>2</sup>、6 252.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照分别增产 211.5 kg/hm<sup>2</sup>、183.0 kg/hm<sup>2</sup>、126.0 kg/hm<sup>2</sup>,增产显著。表明早稻抽穗期喷施“喷施宝”、“吨田宝”、“碧护”及磷酸二氢钾等叶面肥,能及时补充稻株养分,增强叶片功能,促进光合作用,缓解因高温热害而产生的早衰,提高结实率和千粒重。

2.4 不同类型和浓度叶面肥对水稻高温热害的缓解

作用

从表 5 可以看出,早稻抽穗扬花期喷施叶面肥均有助于提高水稻的抗高温能力,减少产量损失。喷施“吨田宝”、“喷施宝”、“碧护”及磷酸二氢钾处理的平均单产分别为 6 544.5 kg/hm<sup>2</sup>、6 570.0 kg/hm<sup>2</sup>、6 610.5 kg/hm<sup>2</sup>和 6 435.0 kg/hm<sup>2</sup>,比清水对照分别增产 529.5 kg/hm<sup>2</sup>、555.0 kg/hm<sup>2</sup>、595.5 kg/hm<sup>2</sup>和 420.0 kg/hm<sup>2</sup>,增产效果以“碧护”最好。“吨田宝”、“喷施宝”和“碧护”均以 1.5 倍浓度产量最高,分别比清水对照增产 765.0 kg/hm<sup>2</sup>、735.0 kg/hm<sup>2</sup>和 810.0 kg/hm<sup>2</sup>,增幅为 12.72%、12.22%和 13.47%;比喷施磷酸二氢钾的处理增产 345.0 kg/hm<sup>2</sup>、315.0 kg/hm<sup>2</sup>和 390.0 kg/hm<sup>2</sup>,增幅分别为 5.36%、4.90%和 6.06%。表明这 4 种叶面肥最佳喷施浓度为 1.0~1.5 倍液,即每 667 m<sup>2</sup>用量分别为 3 mL/kg、1 mL/kg、150 mg/kg 及 0.2%。

表 6 2014 年不同类型叶面肥和施用时期对水稻产量及产量结构的影响

处理		有效穗数	总粒数	结实率	千粒重	理论产量	实际产量	增幅
喷施时期	叶面肥	(万/hm <sup>2</sup> )	(粒/穗)	(%)	(g)	(kg/hm <sup>2</sup> )	(kg/hm <sup>2</sup> )	(%)
破口期	吨田宝	319.5	99.0	81.8	27.5	7 116.0	6 993.0 aA	4.37
	磷酸二氢钾	319.5	99.0	81.8	27.4	7 089.0	6 880.5 bA	2.69
	清水	319.5	96.0	81.8	27.2	6 825.0	6 700.5 cB	—
抽穗期	吨田宝	319.5	99.0	81.8	27.6	7 141.5	7 057.5 aA	6.23
	磷酸二氢钾	319.5	99.0	81.8	27.6	7 141.5	7 026.0 bA	5.76
	清水	319.5	96.0	81.8	27.2	6 825.0	6 643.5 cB	—
灌浆期	吨田宝	319.5	99.0	81.8	27.4	7 089.0	6 979.5 aA	3.84
	磷酸二氢钾	319.5	98.0	81.8	27.4	7 018.5	6 922.5 bA	2.99
	清水	319.5	97.0	80.9	27.2	6 819.0	6 721.5 cB	—
平均	吨田宝	319.5	99.0	81.8	27.5	7 116.0	7 009.5 aA	4.81
	磷酸二氢钾	319.5	98.7	81.8	27.5	7 093.5	6 943.5 bA	3.81
	清水	319.5	96.3	81.5	27.2	6 820.5	6 688.5 cB	—

表 7 穗肥对水稻产量及产量结构的影响

时间	处理	有效穗数	总粒数	结实率	千粒重	理论产量	实际产量	增幅
		(万/hm <sup>2</sup> )	(粒/穗)	(%)	(g)	(kg/hm <sup>2</sup> )	(kg/hm <sup>2</sup> )	(%)
2013	施穗肥	289.5	105.0	85.4	25.8	6 697.5	6 360.0 aA	9.84
	不施穗肥	289.5	101.0	82.8	25.4	6 150.0	5 790.0 bB	—
2014	施穗肥	319.5	99.0	81.3	27.8	7 149.0	6 966.0 aA	2.86
	不施穗肥	319.5	98.0	81.0	27.4	6 949.5	6 772.5 bA	—
平均	施穗肥	304.5	102.0	83.4	26.8	6 937.5	6 663.0 aA	6.08
	不施穗肥	304.5	99.5	81.9	26.4	6 550.5	6 282.0 bB	—

表 8 2015 年不同氮肥运筹对水稻产量及产量结构的影响

处理	有效穗数	总粒数	结实率	千粒重	理论产量	实际产量	增幅
	(万/hm <sup>2</sup> )	(粒/穗)	(%)	(g)	(kg/hm <sup>2</sup> )	(kg/hm <sup>2</sup> )	(%)
穗肥占 50%	262.5	126.2	88.2	26.4	7 713.0	7 431.0 dC	-0.46
穗肥占 40%	265.5	131.3	88.3	26.5	8 157.0	7 524.0 cBC	0.78
穗肥占 30%	265.5	132.8	88.3	26.6	8 281.5	7 593.0 bAB	1.71
穗肥占 20%	267.0	131.5	88.1	26.6	8 227.5	7 654.5 aA	2.53
不施穗肥	267.0	126.1	87.8	26.2	7 744.5	7 465.5 dC	—

2.5 不同类型叶面肥和施用时期对水稻高温热害的缓解作用

从表 6 可以看出,不管是在破口期、抽穗扬花期,还是灌浆结实期,喷施叶面肥均能提高早稻每穗总粒数、结实率及千粒重,从而提高产量。其中以喷施“吨田宝”的处理产量最高,为 7 009.5 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增产 321.0 kg/hm<sup>2</sup>,增幅达 4.81%,差异极显著;其次为喷施磷酸二氢钾的处理,平均单产 6 943.5 kg/hm<sup>2</sup>,较对照增产 255.0 kg/hm<sup>2</sup>,增幅为 3.81%,差异极显著。在同一生育期,早稻以喷施“吨田宝”的处理产量最高,破口期、抽穗期及灌浆期产量分别为 6 993.0 kg/hm<sup>2</sup>、7 057.5 kg/hm<sup>2</sup> 和 7 009.5 kg/hm<sup>2</sup>,分别比对照增产 292.5 kg/hm<sup>2</sup>、414.0 kg/hm<sup>2</sup> 和 258.0 kg/hm<sup>2</sup>,增幅为 4.37%、6.23%和 3.84%,差异达极显著水平。在不同时期喷施叶面肥,以抽穗扬花期喷施的处理产量最高,喷施“吨田宝”、磷酸二氢钾的处理产量分别为 7 057.5 kg/hm<sup>2</sup>、7 026.0 kg/hm<sup>2</sup>,分别比对照增产 414.0 kg/hm<sup>2</sup>、382.5 kg/hm<sup>2</sup>,增幅 6.23%和 5.76%,差异达极显著水平。综合

来看,早稻在抽穗扬花期喷施“吨田宝”抗高温的效果最好。

2.6 不同施肥处理对水稻高温热害的缓解作用

从 2013-2014 年试验结果(表 7)可以看出,与不施穗肥处理相比,施穗肥的处理平均总粒数、结实率、千粒重及产量分别增加 2.5 粒、1.5 个百分点、0.4 g 和 381.0 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度达 6.08%,差异达极显著水平。说明施用穗肥能有效补充稻株养分,促进灌浆结实,从而提高水稻每穗总粒数、结实率及千粒重,减少因高温热害而遭受的产量损失。

2.7 不同穗肥施用比例对高温热害的缓解作用

从表 8 可以看出,穗肥比例为 20%的处理产量最高,达 7 654.5 kg/hm<sup>2</sup>,较不施穗肥的处理增产 189.0 kg/hm<sup>2</sup>;其次为穗肥占 30%的处理,产量为 7 593.0 kg/hm<sup>2</sup>;穗肥占 40%的处理产量略高于不施穗肥处理;产量最低的是穗肥占 50%的处理,仅为 7 431.0 kg/hm<sup>2</sup>,较不施肥处理减产 34.5 kg/hm<sup>2</sup>。表明适当增施穗肥能有效提高水稻产量,缓解高温热害的影响,但穗肥施用



比例不宜过大,以 20%~30%为宜。

### 3 结论与讨论

针对江西省早稻高温热害发生规律,本课题研究不同播种期、不同水管理、不同肥料运筹、不同类型叶面肥及其浓度和施用时期对高温热害的缓解作用。结果表明,提前播种,采用轻干湿交替水管理方式,氮肥后移、增施穗肥及抽穗扬花期喷施叶面肥等技术措施能有效缓解水稻的高温热害,减少产量损失,同时还可增加群体通透性,减轻病虫害发生,减少农药用量,提高肥料利用率。

通过多年试验示范,本研究集成了综合配套高温热害缓解技术。一是合理安排播种期。早稻播种期安排在 3 月中下旬,使早稻灌浆结实期避开高温天气。二是及时灌水抗高温。在早稻遇高温时,采取“以水调温”的措施,推广轻干湿交替水管理方式,调节水稻田间小气候,缓解高温热害。三是适时喷施叶面肥。在抽穗扬花期喷施“吨田宝”、“喷施宝”、“碧护”及磷酸二氢钾等叶面肥,提高水稻功能叶的活力和植株抗高温能力,增加结实率和千粒重。喷施最佳浓度为 1.0~1.5 倍液,即每 667 m<sup>2</sup> 用量分别为 3 mL/kg、1 mL/kg、150 mg/kg 及 0.2%。四是适量氮肥后移、增施穗肥。通过调减氮肥前期施用比例,将传统的氮肥基肥比例由 5:5 调整为基肥穗肥比例 5:3:2,将总纯氮的 20% 后移,用作穗肥,在栽后 30~35 d 施用,充分保障水稻幼穗分化和灌浆结实期的养分需求,促进水稻大穗的形成和结实率的提高。

该技术已推广到吉泰盆地的吉安、泰和、万安、吉水等地区,赣抚平原的高安、樟树、新干、峡江,赣东北部的贵溪、横峰、广丰、铅山、弋阳、玉山、上饶以及赣州北部赣县、于都等地,江西省 2012~2015 年推广应用面积 2.57 万 hm<sup>2</sup>, 示范区早稻平均单产为 7 161.0 kg/

hm<sup>2</sup>, 比非示范区增产 406.5 kg/hm<sup>2</sup>, 按早稻平均价格 2.68 元/kg 计算,累计增加稻谷 1.04 万 t,增收 2 795.1 万元,效果显著。

### 参考文献

- [1] 姚萍,杨炳玉,陈菲菲,等. 水稻高温热害研究进展[J]. 农业灾害研究, 2012, 2(4): 23-25.
- [2] 冯敏玉,祝必琴,雷俊,等. 南昌高温逼熟发生规律及其对早稻产量的影响[J]. 中国农业气象, 2014, 35(3): 287-292.
- [3] 吴启侠,苏荣瑞,刘凯文,等. 江汉平原四湖流域近 50 年高温热害及热涝相随特征[J]. 中国农业气象, 2012, 33(4): 609-614.
- [4] 杨炳玉,申双和,陶苏林,等. 江西省水稻高温热害发生规律研究[J]. 中国农业气象, 2012, 33(4): 615-622.
- [5] 盛婧,陶红娟,陈留根. 灌浆结实期不同时段温度对水稻结实与稻米品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(4): 396-402.
- [6] 汤日圣,郑建初. 高温对不同水稻品种花粉活力及籽粒结实的影响[J]. 江苏农业学报, 2006, 22(4): 369-373.
- [7] 汤日圣,郑建初,陈留根,等. 高温对杂交水稻籽粒灌浆和剑叶某些生理特性的影响[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2005, 31(6): 657-662.
- [8] Jagadish S V K, Crauford P Q, Wheeler T R. High temperature stress and spikelet fertility in rice [J]. *J Exp Bot*, 2007, 58 (7): 1 627-1 635.
- [9] Resurrection A P. Effect of temperature during ripening on grain quality of rice[J]. *Soil Sci Plant Nutr*, 1977, 23(1): 109-112.
- [10] 谢晓金,李秉柏,朱红霞,等. 抽穗期高温对水稻叶片光合特征和干物质积累的影响[J]. 中国农业气象, 2012, 33(3): 457-461.
- [11] 杨辉,李崇银. 2003 年夏季中国江南异常高温的分析研究[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(1): 80-85.
- [12] 华君,周玲丽,查贲,等. 2003 年夏季江南异常高温天气分析[J]. 浙江大学学报:理学版, 2007, 34(1): 100-103.
- [13] 敖大,高苹,刘梅,等. 基于海温的江苏省水稻高温热害预测[J]. 应用生态学报, 2010, 21(1): 136-144.
- [14] 田俊,崔海建. 江西省双季早稻灌浆乳熟期高温热害影响评估[J]. 中国农业气象, 2015, 36(1): 67-73.
- [15] 高素华,王培娟. 长江中下游高温热害及对水稻的影响[M]. 北京:气象出版社, 2009.

## Study on Mitigation Techniques of High Temperature Damage in Double Cropping Early Rice in Jiangxi Province

LE Lihong<sup>1,2</sup>, CHEN Zhongping<sup>1</sup>, CHENG Feihu<sup>1\*</sup>, LI Chunguang<sup>3</sup>, LIU Kai<sup>4</sup>, ZHOU Aiming<sup>4</sup>, TANG Jinyi<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> General Agricultural Technology Extension Station of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China; <sup>2</sup> Agricultural Bureau of Yugan County, Yugan, Jiangxi 335100, China; <sup>3</sup> National Agro-Technical Extension and Service Centre, Beijing 100026, China; <sup>4</sup> Agricultural Bureau of Yiyang County, Yiyang, Jiangxi 334400, China; 1st author: 13732977796@163.com; \*Corresponding author: chengfeihu@vip.163.com)

**Abstract:** In order to reducing or avoiding the high temperature damage to yield and quality of double cropping early rice, the mitigation techniques were studied in different cultivation experiments. The results showed that the mitigation techniques were effectively to alleviate high temperature damage, such as sowing during mid-late of march, adopting light dry-wet alternate irrigation water management method, nitrogen backwards, increasing panicle fertilizer and spraying leaf fertilizer on earing flowering stage of rice. The mitigation techniques could reduce the loss of rice yield, increase the group light transmittance, reduce plant diseases and insect pests, reduce pesticide dosage, improve the utilization rate of fertilizer, reduce the agricultural non-point source pollution, protect the ecological environment, promote the sustainable development of agriculture.

**Key words:** early rice; high temperature damage; mitigation techniques