

不同肥水管理及改变源库比对 水稻剑叶温度的影响

吴自明 赵 伟 潘晓华*

(江西农业大学 农学院/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室 江西 南昌 330045)

摘要: 采用盆栽方法研究了生育后期不同水肥管理及改变源库比对双季水稻剑叶温度的影响。研究表明,保持抽穗后土壤湿润或一定的水层、生育后期施用一定比例的氮钾肥及提高库源比,有利于降低剑叶温度、提高气叶温差;抽穗后双季早、晚稻剑叶的气叶温差与结实率呈正相关,相关系数分别为0.734和0.858。抽穗后科学的水肥管理及具有较高粒叶比的群体之所以能够高产,与其能够降低叶片温度有关。

关键词: 双季水稻; 水肥管理; 库源比; 剑叶温度; 气叶温差

中图分类号: S511.4⁺2 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)02-0203-05

The Effects of Different Fertilizer and Water Management and Alteration of Source-sink Ratio on Rice Flag Leaf Temperature

WU Zi-ming, ZHAO Wei, PAN Xiao-hua*

(College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education, Nanchang 330045, China)

Abstract: The effects of different irrigation, application of nitrogen and potassium and alteration of source/sink ratio on rice flag leaf temperature in the late growth stage by using the method of pot experiments were studied. The results showed that the humid irrigation, application of nitrogen and potassium and high sink/source ratio in the late growth stage could decrease flag leaf temperature (FLT) and increase flag leaf temperature depression (FTD, difference between leaf temperature and air temperature); the FTD of double-cropping early and late rice at the heading stage had a positive correlation with seed setting rate, and its correlation coefficient were 0.734 and 0.858 separately. The reasonable fertilizer-water management and higher grain/leaf ratio could increase yield of rice, attribute to decreasing leaf temperature.

Key words: double-cropping rice; fertilizer and water management; source/sink ratio; FLT; FTD

水稻产量的实际高低实际上是光合产物生产、分配和积累的过程。叶片是水稻光合作用的主要器官,叶片功能的强弱和功能期的长短与水稻的产量密切相关。影响叶片光合功能的因素很多,既受叶片自身生理状况的影响,也受土壤和气候等环境因素的影响。叶片温度是叶片生理状态与环境相互作用的结果,与叶片光合作用有密切的关系^[1]。反映叶片温度状况的除了叶片绝对温度外,还有气-叶温差,即气温与叶片温度的差值。它反映了叶片自身温度升高的耗能情况,也是对其蒸腾耗能的反映^[2]。许多

收稿日期: 2011-12-06 修回日期: 2011-12-24

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAD16B04、2011BAD16B14)

作者简介: 吴自明(1974—),男,副教授,博士,主要从事作物生理与遗传育种研究, E-mail: wuziming169@gmail.com;

* 通讯作者: 潘晓华,教授,博士生导师, E-mail: xhuapan@163.com。

研究证明^[3-4],水分胁迫越严重,叶层的温度越高。研究表明,田间灌水深度^[5]、土壤含水量^[6]对水稻植株不同部位的温度均有显著影响。闫川等^[7]认为,水稻叶片温度随穗肥施用量的增加而降低;田智慧^[8]研究表明,抽穗期和抽穗期后25d的水稻剑叶温度随着中后期施氮比例增加有下降的趋势,并与产量密切相关。可见,深入研究栽培措施对水稻叶片温度的影响,对于揭示栽培措施影响水稻产量形成的机理具有重要意义。但是,栽培措施及改变源库关系对双季早晚、稻叶片温度的影响目前没有报道。本文就双季早、晚稻生育后期不同水肥管理及改变源库比对剑叶温度的影响进行了研究,旨在为水稻高产栽培提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料种植与试验处理

试验在江西农业大学科技园网室进行,采用塑料桶(桶高38 cm,内径26 cm,深28 cm,装干水稻土16 kg)栽培,每桶植3蔸,每蔸1苗。共设计3个试验:

试验1:生育后期不同水分管理试验。试验于2008年进行,早、晚稻供试品种分别为金优402和汕优10号。移栽前每桶一次性施入含N、P₂O₅、K₂O体积分数各15%的复合肥8 g。抽穗前管理措施一致,从抽穗期至成熟,设3个处理:①淹水灌溉(CK,保持4~5 cm水层);②湿润灌溉(T₁,保持土壤湿润,无水层);③亏缺灌溉(T₂,抽穗后不灌水)。早稻3月26日播种,4月27日移栽;晚稻6月20日播种,7月18日移栽。

试验2:后期施肥试验。试验于2008年进行,供试品种同试验1。设3个处理,施肥总量均为N、P₂O₅、K₂O各1.5 g/桶(所用肥料分别为化学纯尿素、磷酸二氢钠和氯化钾)。①对照(CK):全部肥料在移栽前作基肥一次施用;②后期施氮(F₁):移栽前施N 1 g/桶、P₂O₅、K₂O各1.5 g/桶,倒2叶露尖施N 0.5 g/桶;③后期施氮钾肥(F₂):移栽前施N和K₂O各1 g/桶、P₂O₅ 1.5 g/桶,倒2叶露尖施N和K₂O各0.5 g/桶。

试验3:减源疏花试验。试验于2009年进行,早、晚稻供试品种分别为淦鑫203和淦鑫688。施肥量和施肥方法同试验1。抽穗期选择穗型和抽穗时间一致的主茎进行减源和疏花处理。①剪除1/2枝梗(相间去掉1个1次枝梗);②剪除1/3枝梗(相间2个一次枝梗去掉1个1次枝梗);③剪除倒2叶;④剪除倒3叶;⑤剪去倒2和倒3叶。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 叶片温度 用国产M312-216型手持式红外测温仪(精度±0.1℃),每次每处理测定10片剑叶,测定时测温仪探头垂直于叶面,距离约10 cm,以叶面中部测得的温度代表叶片温度。同时,用普通温度计测定气温。气-叶温差=气温-叶片温度。水分管理试验在处理3 d后开始测定,每隔3 d测定1次。后期施肥试验,从抽穗期后第2天开始,每隔5 d测定1次。减源疏花试验,从处理后2 d开始,每隔2 d测定1次。每次测定时间为14:00左右。

1.2.2 考种与测产 于成熟期每处理调查15蔸有效穗,按平均法取5蔸进行考种,考察每穗粒数、结实率和千粒质量。平均每蔸的实粒质量为产量。

1.3 数据处理方法

用Excel和DPS统计软件进行数据处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同肥水管理对剑叶温度的影响

2.1.1 灌浆结实期不同水分管理对剑叶温度的影响 表1表明,剑叶温度随气温的变化而变化,不同处理间的剑叶温度以淹水灌溉(CK)的最低,亏缺灌溉(T₂)的最高,差异显著。(1)早稻。处理后1~13 d的剑叶温度,T₂较CK高0.7~1.4℃;T₂较T₁(湿润灌溉)高0.4~0.8℃。气-温差则与剑叶温度的规律相反,气温对其影响较小,处理后由高到低依次为CK、T₁、T₂。处理后1~13 d,CK和T₁间差异较小,而CK较T₂低22.86%~40.00%,差异显著。(2)晚稻。处理后1~13 d的剑叶温度,T₂较CK高0.9~1.4℃;T₂较T₁高0.5~1.1℃。CK和T₁的气-叶温差相差较小,而CK较T₂低28.57%~

50.00% ,差异显著 ,且随时间的推移 ,降幅逐渐增大。

表 1 不同水分管理对剑叶温度和气 - 叶温差的影响

Tab.1 Effects of different irrigation treatments on FLT and FTD

处理后天数/d Days after treatment		1		4		7		10		13	
		剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差
		/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD
早稻	CK	26.8b	3.2a	30.6c	3.6a	26.8c	1.2a	29.2b	2.6a	27.4b	1.4a
Early rice	T ₁	27.0b	3.0a	31.2b	3.0b	27.2b	0.8b	29.4b	2.4a	27.6b	1.2a
	T ₂	27.5a	2.5b	32.0a	2.2c	27.6a	0.4c	30.2a	1.6b	28.2a	0.6b
晚稻	CK	30.3c	4.2a	31.0b	2.3a	31.8b	4.2a	24.7c	1.8a	25.2b	1.8a
Late rice	T ₁	30.7b	3.8b	31.2b	2.1a	32.1b	3.9a	25.1b	1.4b	25.4b	1.6a
	T ₂	31.5a	3.0c	31.8a	1.5b	33.2a	2.8b	25.6a	0.9c	26.1a	0.9b

同列数据中不同小写字母表示早、晚稻不同处理间差异达 $P < 0.05$ 水平。

Data followed by same letters at the same column indicate non-significant difference among different treatments of early and late season rice at the 5% level by Duncan's test. FLT, flag leaf temperature; FTD, flag leaf temperature depression.

2.1.2 后期施肥对剑叶温度的影响 表 2 为后期施肥条件下的剑叶温度和气 - 叶温差。结果表明 ,后期施肥能显著降低剑叶温度 ,其中后期施氮处理(F₁) 与后期施氮钾处理(F₂) 差异不显著。(1) 早稻。抽穗后 1 ~ 23 d 的剑叶温度 ,后期不施肥处理(CK) 较 F₂ 高 0.2 ~ 0.5 °C ,较 F₁ 高 0.1 ~ 0.5 °C。处理间气 - 叶温差的差异与剑叶温度的差异呈相反趋势 ,由低到高依次为 CK、F₁、F₂。抽穗后 1 ~ 23 d ,F₁ 的剑叶气 - 叶温差较 CK 高 3.85% ~ 33.33% ,F₂ 剑叶的气 - 叶温差较 CK 高 8.70% ~ 35.71%。(2) 后期施肥对晚稻剑叶温度的影响与早稻一致。抽穗后 1 ~ 23 d 的剑叶温度 ,后期不施肥处理(CK) 较 F₂ 高 0.1 ~ 0.8 °C ,较 F₁ 高 0.2 ~ 0.7 °C。剑叶的气 - 叶温差 F₁ 较 CK 高 5.26% ~ 40.00% ,F₂ 较 CK 高 10.53% ~ 46.67%。

表 2 不同施肥处理对剑叶温度和气 - 叶温差的影响

Tab.2 Effects of different fertilizing treatments on FLT and FTD

处理后天数/d Days after treatment		1		6		11		16		21	
		剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差	剑叶温度	气叶 - 温差
		/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD	/°C FLT	/°C FTD
早稻	CK	27.5a	1.5b	31.6a	2.6b	27.8a	1.4b	30.4a	1.4b	30.7a	2.3b
Early rice	F ₁	27.0b	2.0a	31.5a	2.7b	27.4b	1.8a	30.2ab	1.6ab	30.5b	2.5a
	F ₂	27.1b	1.9a	31.2b	3.0a	27.3b	1.9a	30.0b	1.8a	30.5b	2.5a
晚稻	CK	30.7a	2.5b	31.5a	1.5b	32.6a	3.4b	25.5a	1.5b	25.2a	1.9a
Late rice	F ₁	30.3b	2.9a	30.8b	2.2a	32.0b	4.0a	25.2b	1.8a	25.0a	2.1a
	F ₂	30.2b	3.0a	30.9b	2.1a	31.8b	4.2a	25.2b	1.8a	25.1a	2.0a

同列数据中不同小写字母表示早、晚稻不同处理间差异达 $P < 0.05$ 水平。

Data followed by same letters at the same column indicate non-significant difference among different treatments of early and late season rice at the 5% level by Duncan's test. FLT, flag leaf temperature; FTD, flag leaf temperature depression.

2.2 减源疏花对剑叶温度的影响

表 3、表 4 表明 ,改变源库关系对早、晚稻剑叶温度有显著影响。减库处理(除枝梗) 的剑叶温度高于减源(除叶) 处理 ,而气 - 叶温差则相反 ,差异达显著水平。其中 ,除 1/2 枝梗的剑叶温度总体上略高于除 1/3 枝梗处理 ,减源处理间的剑叶温度由高到低依次为: 除倒 2 叶、除倒 3 叶、除倒 2、倒 3 叶。除倒 2 叶和除倒 3 叶处理间相差不显著 ,但显著高于除倒 2、倒 3 叶处理。

2.3 不同肥水管理下水稻产量构成因素与气叶温差的关系

抽穗后不同水分管理对早、晚稻的结实率、千粒质量均有显著影响(表 5) ,均以 T₁ 最高。其中 ,早稻 T₁ 较 CK 分别高 7.68% 和 1.67% ,较 T₂ 分别高 18.34% 和 4.28% ;晚稻 T₁ 较 CK 分别高 0.70% 和 7.08% ,较 T₂ 分别高 11.35% 和 9.34%。生育后期不同施肥处理对早、晚稻的结实率均有显著影响(表 6) ,均以 F₂ 最高 ,但对千粒质量影响较小。其中 ,早稻 F₂ 的结实率较 CK 和 F₁ 分别高 16.43% 和 5.80% ;晚稻 F₂ 的结实率较 CK 和 F₁ 分别高 11.84% 和 3.58%。相关分析表明 ,抽穗后剑叶的气叶温差与结实率

表 3 改变源库比对早稻剑叶温度和气叶温差的影响

Tab. 3 Effects of source – sink ratio altered on FLT and FTD in early rice

°C

处理 Treatment	剑叶温度/°C FLT				气叶 – 温差/°C FTD			
	2 d	4 d	6 d	8 d	2 d	4 d	6 d	8 d
除 1/2 枝梗 Half primary branch removed	24.92bc	31.98b	27.26b	30.36b	0.52bc	2.12c	0.82b	1.44c
除 1/3 枝梗 One third primary branch removed	25.06b	31.40c	26.88cd	30.36b	0.43c	2.22c	1.19a	1.44c
除倒 2 叶 The upper second leaf removed	24.76cd	31.33cd	26.98bc	30.14bc	0.70b	2.92b	1.22a	1.66bc
除倒 3 叶 The upper third leaf removed	24.56de	31.27cd	26.78cd	30.06c	0.64bc	2.94b	1.20a	1.74b
除倒 2、3 叶 The upper second and third leaf removed	24.44e	30.87d	26.60d	29.5d	0.96a	3.44a	1.40a	2.30a

同列数据中不同小写字母表示早、晚稻不同处理间差异达 $P < 0.05$ 水平。

Data followed by same letters at the same column indicate non-significant difference among different treatments of early and late season rice at the 5% level by Duncan's test. FLT, flag leaf temperature; FTD, flag leaf temperature depression.

表 4 改变源库比对晚稻剑叶温度和气叶温差的影响

Tab. 4 Effects of source-sink ratio altered on FLT and FTD in late rice

°C

处理 Treatment	剑叶温度/°C FLT				气叶 – 温差/°C FTD			
	2 d	4 d	6 d	8 d	2 d	4 d	6 d	8 d
除 1/2 枝梗 Half primary branch removed	32.44b	32.8b	31.70a	25.58b	2.16b	1.70c	2.5c	1.62c
除 1/3 枝梗 One third primary branch removed	32.52b	32.98b	31.62b	25.40c	2.08b	1.52c	2.58c	1.80b
除倒 2 叶 The upper second leaf removed	32.14c	32.54c	31.58b	24.52d	2.46a	1.96b	2.62bc	2.68a
除倒 3 叶 The upper third leaf removed	32.12c	32.34cd	31.36c	24.50d	2.48a	2.16ab	2.84ab	2.70a
除倒 2、3 叶 The upper second and third leaf removed	32.11c	32.24d	31.28c	24.48d	2.48a	2.26a	2.92a	2.72a

同列数据中不同小写字母表示早、晚稻不同处理间差异达 $P < 0.05$ 水平。

Data followed by same letters at the same column indicate non-significant difference among different treatments of early and late season rice at the 5% level by Duncan's test. FLT, flag leaf temperature; FTD, flag leaf temperature depression.

表 5 不同灌溉处理对早、晚稻产量构成因素的影响

Tab. 5 Effects of different irrigation treatments on yield components of early and late rice

处理 Treatment		有效穗/蔸 Effective panicle	每穗粒数 Spikelets/panicle	结实率/% Seed setting rate	千粒质量/g 1 000 – grams weight	每蔸产量/g Yield per hill
早稻	CK	10.4a	142.21a	77.48b	26.42a	30.23b
Early rice	T ₁	10.5a	146.04a	83.43a	26.83a	35.55a
	T ₂	10.0a	147.50b	70.50c	25.73b	26.93c
晚稻	CK	14.5a	139.76b	91.06a	25.69b	46.98b
Late rice	T ₁	14.2a	137.71b	91.70a	27.51a	49.35a
	T ₂	14.4a	131.56b	82.35b	25.16b	39.96c

同列数据中不同小写字母表示早、晚稻不同处理间差异达 $P < 0.05$ 水平。

Data followed by same letters at the same column indicate non-significant difference among different treatments of early and late season rice at the 5% level by Duncan's test.

密切相关,早、晚稻的相关系数分别为 0.734 和 0.858^{*};与千粒质量虽正相关,但相关系数较小,分别为 0.538 和 0.450。

3 讨论

生育后期的同化物生产与分配对水稻产量的高低具有决定性作用。搞好生育后期的水肥管理不仅有利于叶片的光合作用,也有利于促进同化物向籽粒分配,从而提高结实率和千粒质量^[9-12]。本研究

表 6 不同施肥处理对早、晚稻产量构成因素的影响

Tab. 6 Effects of different fertilizing treatments on yield components of early and late rice

处理 Treatment	有效穗/蔸 Effective panicle	每穗粒数 Spikelets	结实率/% Seed setting rate	千粒质量/g 1 000 – grams weight	每蔸产量/g Yield per hill	
早稻 Early rice	CK	10.1a	142.34b	75.25c	27.09a	29.13c
	F ₁	9.5b	154.04a	82.81b	26.80a	32.25b
	F ₂	9.9a	156.56b	87.61a	26.97a	36.54a
晚稻 Late rice	CK	15.0a	126.24c	80.93c	26.77b	39.72c
	F ₁	14.6a	134.91b	87.38b	27.56ab	46.17b
	F ₂	14.5a	151.00a	90.51a	28.69a	55.57a

同列数据中不同小写字母表示早、晚稻不同处理间差异达 $P < 0.05$ 水平。

Data followed by same letters at the same column indicate non-significant difference among different treatments of early and late season rice at the 5% level by Duncan's test.

表明,抽穗后采用湿润灌溉和施用一定比例的氮钾肥具有提高剑叶气叶温差、结实率和千粒质量的作用,且气叶温差与结实率具有较高的正相关,这与前人的研究结果一致^[5-7,13]。凌启鸿^[14]指出,较高的粒叶比是高质量水稻群体的一个重要指标。较高的粒叶比有利于提高叶片的光合作用、促进光合产物的运输^[15]。Pamplona^[16]指出,在肥、水、光等因素均满足水稻要求的情况下,水稻冠层内温度每下降 1.0 °C,稻谷产量增加 1 ~ 1.5 t/hm²。可见,水稻生育后期的水肥管理及具有较高粒叶比的高质量群体之所以有利于促进谷粒充实、提高产量,与其能够降低叶片温度、促进水稻光合有关。

参考文献:

- [1] Yin X Y, van Laar H H. Crop systems dynamics: An ecophysiological simulation model for genotype – by – environment interactions [M]. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2005: 9-10.
- [2] 徐俊增, 彭世彰, 丁加丽. 控制灌溉水稻气孔导度变化规律试验研究 [J]. 水利学报, 2006, 37(3): 486-491.
- [3] Chauham J S, Moya T B, Singh R K, et al. Influence of soil moisture stress during reproductive stage on physiological parameters and grain yield in upland rice [J]. Oryza, 1999, 36(2): 130-135.
- [4] Garrity D P, O'Toole J C. Selection for reproductive stage drought avoidance in rice, using infrared thermometry [J]. Agron J, 1995, 87(4): 773-779.
- [5] 张彬, 郑建初, 黄山, 等. 抽穗期不同灌水深度下水稻群体与大气的温度差异 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(1): 87-92.
- [6] 张文忠, 韩亚东, 杜宏娟. 水稻开花期冠层温度与土壤水分及产量结构的关系 [J]. 中国水稻科学, 2007, 14(1): 67-70.
- [7] 闫川, 丁艳锋, 王强盛, 等. 水稻温度与气温的关系 [J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1573-1578.
- [8] 田智慧, 潘晓华. 氮肥运筹及密度对中优 752 源库关系和剑叶温度的影响 [J]. 江西农业学报, 2008, 20(6): 10-13.
- [9] 潘晓华, 王永锐. 两系杂交稻始穗期追施氮钾肥提高叶片光合功能的作用 [J]. 江西农业大学学报, 1997, 19(3): 1-5.
- [10] 潘晓华, 王永锐. 两系杂交稻始穗期追施氮钾肥对同化物运输与分配的影响 [J]. 江西农业大学学报, 1996, 18(3): 252-258.
- [11] 李木英, 石庆华, 郝伟, 等. 杂交稻生育后期叶片衰老频度及其关联因素研究 [J]. 江西农业大学学报, 2010, 32(6): 1081-1088.
- [12] 王维, 蔡一霞, 杨建昌, 等. 结实期土壤水分亏缺影响水稻籽粒灌浆的生理原因 [J]. 植物生态学报, 2011, 35(2): 195-202.
- [13] 陈佳, 张文忠, 赵晓彤, 等. 水稻灌浆期冠层 – 气温差与土壤水分和气象因子的关系 [J]. 江苏农业科学, 2009(2): 284-285.
- [14] 凌启鸿. 水稻群体质量理论与实践 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [15] 潘晓华, 王永锐. 水稻库/源比对叶片光合作用、同化物运和分配及叶片衰老的影响 [J]. 作物学报, 1998, 24(6): 821-827.
- [16] Pamplona R R. Effect of solar radiation and temperature on rice yield [J]. Phil Rice Technical Bulletin, 1995, 1(1): 89-92.