

# 不同抗旱性物质对膜下滴灌水稻抽穗后生育特性及产量的影响

李丽 陈林\* 王肖娟\* 王圣毅 王永强 朱江艳 赵双玲

(新疆天业(集团)有限公司/新疆天业农业高新技术有限公司, 新疆 石河子 832011; 第一作者: 1498066558@qq.com;

\* 通讯作者: cl1030@sohu.com; wangxiaojuangjq@sina.com)

**摘 要:** 采用大田随机区组设计, 研究了在始穗期喷施抗旱性物质对膜下滴灌水稻生育特性及产量的影响。结果表明, ETDA、CaCl<sub>2</sub>、FeCl<sub>2</sub> 和 5-磺基水杨酸这 4 种抗旱性物质能有效提高膜下滴灌水稻后期叶绿素含量, 增加功能叶面积指数; 降低叶片丙二醛含量, 延缓衰老; 增加干物质积累, 促进灌浆, 增加产量。喷施抗旱性物质的处理产量较对照(喷清水)均有不同程度增产, 其中以 1 g/L FeCl<sub>2</sub> 的处理增产效果最好。始穗期喷施抗旱性物质使膜下滴灌水稻增产的主要原因是提高了结实率和每穗实粒数。

**关键词:** 抗旱性物质; 膜下滴灌; 水稻; 生育特性; 产量

**中图分类号:** S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2018)01-0045-04

我国是一个水资源严重短缺的国家, 水资源不足成为制约我国经济发展和农业生产的“瓶颈”。水稻是世界上 1/3 以上人口的主要粮食, 也是我国 60% 以上人口的主食<sup>[1]</sup>。传统栽培方式水稻一生中大部分时间田间持水量在 90% 以上, 水资源利用率低<sup>[2]</sup>。

近年来, 在水稻节水栽培上已形成地膜覆盖、控灌节水、稻田免耕和化学节水等多项技术, 但均不能做到全生育期无水层, 不利于使用机械耕作。水稻膜下滴灌技术是将滴灌与覆膜技术结合起来, 水通过滴灌带直接作用于水稻根系, 做到了全生育期无水层, 大大提高了水分的利用率, 对于实现农业生产的可持续发展有着积极意义<sup>[3]</sup>。叶片是植物生长必不可少的一部分, 为植物进行光合作用、蒸腾作用和调节生物体代谢。旱作水稻在生长发育后期, 往往较容易出现早衰现象, 叶片中叶绿素含量降低, 光合能力下降<sup>[4]</sup>, 从而影响有机物的积累和灌浆。本试验选用 4 种抗旱性物质进行叶面喷施, 旨在寻找一种合适的抗旱剂, 以提高膜下滴灌水稻后期的同化作用, 改善后期的光合性能, 从而提高产量。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2016 年在新疆天业农业研究所(石河子)进行, 试验土壤质地为壤土, 耕作层有机质含量 31.6 g/kg, 速效氮 92.51 mg/kg, 速效磷 31.65 mg/kg, 速效钾

327 mg/kg, pH 值为 8.06, 总盐 1.37 g/kg。

### 1.2 供试材料

供试水稻品种为 T-43 和 T-07, 供试药剂分别为乙二胺四乙酸(ETDA)、CaCl<sub>2</sub>、FeCl<sub>2</sub> 和 5-磺基水杨酸。

### 1.3 设计与方法

试验设 4 种药剂处理: A, ETDA; B, CaCl<sub>2</sub>; C, FeCl<sub>2</sub>; D, 5-磺基水杨酸。以清水为对照(CK)。小区面积 1.4 m×10 m, 3 次重复, 不同处理间有保护行隔离。

2016 年 4 月 20 日播种, 采取膜下滴灌灌溉方式, 一膜两管四行, 膜宽 1.15 m, 播幅 1.4 m, 行距配置 20 cm+40 cm+20 cm+60 cm, 株距 10 cm。人工破膜点播, 每穴播种 8~12 粒, 每 hm<sup>2</sup> 播 28.5 万穴。全生育期各处理施肥量相同: 纯 N 315 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 199.5 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 48 kg/hm<sup>2</sup>。水分管理等相关的栽培措施按照高产栽培要求实施, 全生育期严格控制病虫害。

于水稻始穗期喷施药剂, 药剂浓度为 3 g/L, 每小区喷 1.5 L, 设置对照的小区喷同体积的水, 喷药的具体时间为 7 月 30 日下午。

收稿日期: 2017-08-03

**基金项目:** 新疆兵团博士资金专项(2014BB011); 兵团中青年科技创新领军人才专项; 新疆兵团科技特派员项目(2015CA010); 新疆第八师石河子市科技贴息项目(2016TX04)

表 1 不同抗旱性物质对膜下滴灌水稻功能叶 SPAD 值和 LAI 的影响

品种	处理	SPAD 值			LAI		
		10 d	20 d	30 d	10 d	20 d	30 d
T-43	A	32.1 b	32.6 ab	29.5 b	6.0 bc	5.3 c	4.7 c
	B	31.6 b	31.6 bc	29.0 b	6.2 b	6.0 b	5.0 b
	C	35.8 a	34.1 a	31.3 a	6.5 a	6.3 a	5.7 a
	D	32.5 b	30.8 bc	30.0 ab	6.3 b	5.7 bc	5.2 b
	CK	29.9 c	29.0 c	27.6 c	6.0 bc	5.2 c	4.5 c
T-07	A	30.4 b	30.2 b	27.1 b	5.5 c	4.9 c	4.1 c
	B	30.8 b	30.6 b	27.6 b	5.9 bc	5.3 b	4.7 b
	C	34.8 a	34.0 a	30.5 a	6.6 a	6.0 a	5.4 a
	D	32.0 a	31.6 a	29.7 a	6.1 b	5.4 b	4.8 b
	CK	30.5 b	28.5 c	25.3 c	5.3 c	4.8 c	3.9 c

同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

表 2 不同抗旱性物质对膜下滴灌水稻叶片 MDA 含量的影响 (umol/g Fw)

处理	T-43			T-07		
	10 d	20 d	30 d	10 d	20 d	30 d
A	53.2	76.4	84.3 a	69.7	75.2	86.7 b
B	51.6	76.7	82.7 ab	70.8	73.7	81.2 bc
C	57.3	67.0	73.6 c	61.1	70.5	78.8 c
D	60.9	73.9	77.9 b	68.6	70.5	72.4 c
CK	64.2	74.0	84.2 a	70.8	87.8	95.4 a

1.4 测定项目与方法

1.4.1 SPAD 值和绿色叶面积指数(LAI)

水稻抽穗后用 SPAD-502 叶绿素仪, 每 10 d 测定 1 次叶片 SPAD 值,每小区选取连续 10 株,选取顶叶的中部进行测定,取平均值作为该叶片 SPAD 值。LAI 用英国 Delta 公司生产的 SunScan 冠层分析仪测定。

1.4.2 叶片丙二醛(MDA)含量

于水稻抽穗后每隔 10 d 用硫代巴比妥酸法测定水稻叶片丙二醛含量<sup>[9]</sup>。

1.4.3 干物质量及灌浆速率

水稻抽穗后每隔 10 d 取 10 丛长势一致的水稻植株,用烘干法测定干物质量。每隔 10 d 每小区取稻穗 50 穗,烘干测定千粒重。

1.4.4 测产与考种

于收获前每小区选取有代表性的长势一致的水稻植株连续 10 丛,测定株高、穗长、穗粒数及千粒重。

1.5 数据分析

采用 Excel 2003 进行原始数据整理,采用 Excel 2003 和 SPSS Statistics 17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 对膜下滴灌水稻 SPAD 值和 LAI 的影响

由表 1 可以看出, 参试品种 SPAD 值和 LAI 从始穗后都表现出下降趋势。始穗期喷施抗旱性物质的处

理 SPAD 值和 LAI 比对照都有不同程度的提高。参试品种喷药后 30 d 功能叶 SPAD 值都表现出 C、D 处理较大且没有显著差异,但这 2 个处理显著大于 A、B 处理。T-43 喷药后 10 d 叶片 SPAD 值表现为 C>A、B、D>CK, 喷药后 20 d 表现为 C>A>B>D>CK。T-07 喷药后 10 d 的功能叶 SPAD 值表现为 C>D>A、B、CK, 喷药后 20 d 和 30 d 表现一致。2 个品种 LAI 在同一时期都表现出 C>B、D>A、CK。说明用 C 和 D 处理的膜下滴灌水稻,抽穗后维持了较稳定的功能叶面积,同时叶绿素含量较高,水稻叶片光合潜力大,功能期维持时间长,使水稻后期维持了较高的同化能力,利于灌浆和有机物的积累。

2.2 对膜下滴灌水稻叶片丙二醛(MDA)含量的影响

MDA 含量是判定植物衰老的指标之一,越衰老的组织其含量越高。由表 2 可以看出,喷药后 30 d 水稻叶片 MDA 含量 T-43 表现为 C<D<B<A、CK,T-07 表现为 C、D<B<A<CK。说明 C 处理可以延缓膜下滴灌水稻叶片衰老,使水稻后期维持较高的同化能力。

2.3 对膜下滴灌水稻干物质量和灌浆速率的影响

从表 3 可以看出, 不同处理的水稻干物质量从始穗后都呈增长趋势,这主要是因为水稻始穗后,光合能力达到最大,有机物积累加快,千粒重不断增加。抽穗后 20 d 和 30 d 所测得的各处理水稻单株干物质量都表现为 C>D>A>B>CK,但 A 和 B 处理与 CK 差异不显

表 3 不同抗旱性物质对膜下滴灌水稻干重和灌浆速效的影响

品种	处理	干物质量(g/株)			千粒重(g)		
		10 d	20 d	30 d	10 d	20 d	30 d
T-43	A	9.03	10.58	13.75 c	5.27 a	9.06 ab	20.28 b
	B	10.56	11.08	13.53 c	5.44 a	9.23 ab	20.24 b
	C	9.11	12.66	17.71 a	6.07 a	9.05 ab	20.67 a
	D	10.30	11.44	16.17 b	5.71 a	9.80 a	20.37 b
	CK	9.0	10.21	13.13 c	5.75 a	9.20 ab	20.19 c
T-07	A	6.27	10.27	13.21 c	11.94 b	17.93 ab	23.50 b
	B	6.85	9.91	13.19 c	12.30 ab	16.59 bc	23.43 b
	C	9.41	14.44	16.23 a	12.84 a	18.36 a	23.87 a
	D	8.74	10.34	14.65 b	11.81 b	16.54 bc	23.85 a
	CK	5.67	8.41	12.90 c	11.74 b	16.25 c	23.58 b

表 4 不同抗旱性物质对膜下滴灌水稻产量及构成因素的影响

品种	处理	株高 (cm)	有效穗数 (万/hm <sup>2</sup> )	穗长 (cm)	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	实际产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
T-43	A	90.8 a	319.2 ab	21.6 ab	102.6 b	89.9 bc	22.5 b	7 411.5 b
	B	88.7 ab	321.6 a	21.9 ab	94.5 c	86.4 c	22.6 b	6 817.5 c
	C	91.5 a	326.1 a	22.4 ab	110.1 a	92.6 a	22.9 a	8 185.5 a
	D	92.0 a	327.0 a	22.8 a	100.3 b	90.9 b	22.7 b	7 503.0 ab
	CK	90.0 a	322.2 a	22.0 ab	87.8 d	85.8 d	22.2 c	6 328.5 d
T-07	A	91.3 a	300.3 a	19.9 ab	97.3 b	91.9 b	23.6 b	6 771.0 b
	B	91.5 a	296.9 ab	19.9 ab	96.1 b	91.6 bc	23.8 b	6 777.0 b
	C	91.7 a	307.4 a	20.1 a	105.2 a	92.2 a	24.1 a	7 801.5 a
	D	91.0 a	305.7 a	19.5 ab	93.8 bc	91.4 c	23.9 ab	6 894.0 b
	CK	89.7 ab	294.9 ab	20.3 a	92.0 c	87.7 d	23.7 b	6 436.5 c

表 5 不同抗旱性物质处理膜下滴灌水稻产量与产量构成因素的相关性分析

指标	株高	有效穗数	穗长	穗实粒数	结实率	千粒重	实际产量
株高	1						
有效穗数	0.032	1					
穗长	-0.107	0.432	1				
穗实粒数	0.593	0.338	0.238	1			
结实率	0.758*	-0.154	-0.313	0.719*	1		
千粒重	0.322	-0.653*	-0.512*	0.013	0.512	1	
实际产量	0.597	0.473	0.349	0.883**	0.668*	-0.075	1

\*,\*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著。

著。抽穗后 30 d,T-43 各药剂处理的千粒重均比对照大,且差异显著,C 处理千粒重最大,D 处理次之;T-07 的 C 处理和 D 处理千粒重最大,A 和 B 处理与对照无显著差异。这说明始穗期喷施 FeCl<sub>2</sub> 和 5-磺基水杨酸可以增加膜下滴灌水稻的单株干物质量和千粒重,促进了光合产物积累和籽粒灌浆。

2.4 对膜下滴灌水稻产量及构成因素的影响

从表 4 可以看出,喷施抗旱性物质对膜下滴灌水稻的株高、有效穗数和穗长的影响不明显,差异均不显著,而对实粒数、结实率和千粒重影响较大。T-43 各药剂处理的实粒数、结实率和千粒重均比对照大,且差异显著,其中 C 处理最大。T-07 各药剂处理的实粒数和结实率均比对照高,且差异显著,其中 C 处理最大,显

著高于其他 3 个处理;千粒重 C 和 D 处理最大,显著高于其他处理。由表 4 还可以看出,在始穗期喷施抗旱性物质能不同程度的提高 2 个品种的产量,T-43 4 个药剂处理比对照分别增产 17.1%、7.7%、29.3% 和 18.5%,T-07 的 4 个药剂处理比对照分别增产 5.2%、5.3%、21.2% 和 7.1%。对各处理的差异显著性分析表明,2 个品种各药剂处理较对照显著增产。

2.5 膜下滴灌水稻产量及构成因素的相关性分析

从表 5 得知,株高与结实率呈显著正相关,即株高越高,结实率越大;有效穗与千粒重呈显著负相关,说明有效穗数越多,千粒重越小;穗长与千粒重之间也呈显著负相关;每穗实粒数与结实率、产量呈显著正相关,其中每穗实粒数与产量达极显著正相关,相关系数

最大( $r=0.883$ ),即每穗实粒数越大,产量越高;结实率与产量也呈显著正相关。从分析结果可知,膜下滴灌水稻在始穗期喷施不同抗旱性物质较对照增产的主要原因是提高了每穗实粒数和结实率。

### 3 小结与讨论

水稻取得高产的前提是灌浆期间能维持较高的光合效率,提高干物质积累能力。水稻生育后期,较容易出现早衰现象,叶片光合能力和植株同化能力降低。

郭飞波等<sup>[6]</sup>在棉花上的应用结果表明,花期喷施 EDTA 可以改善棉花叶片叶绿素质量,延缓叶绿素的降解,同时能显著提高功能叶中全氮含量,提高根系活力,增强机体抗逆性。朱国奇等<sup>[7]</sup>研究表明,钙对水稻叶片光合特征参数影响明显,叶片净光合速率随着  $\text{Ca}^{2+}$  浓度增加而不断增加,但高浓度则表现抑制效应。段咏新等<sup>[8]</sup>指出,  $\text{Ca}^{2+}$  能提高杂交水稻叶片中的叶绿素和蛋白质含量。说明  $\text{Ca}^{2+}$  能延缓叶片衰老,稳定植物细胞壁的结构,维持植物细胞膜的完整性和稳定性,调节酶的活性等,能显著提高 SOD、POD、CAT 活性,降低 MDA 含量。不同方式施钙肥,比如根施或喷施对植物的光合作用具有不同的效果<sup>[9]</sup>。水稻叶片喷施铁的研究不多,裴桂英等<sup>[10]</sup>指出,大豆叶片喷施硫酸亚铁肥料能够促进大豆的灌浆速度,提高百粒重。叶面喷施铁肥具有养分吸收快、利用效率高、用肥节省等优点,通过叶面喷施铁肥改善果品、蔬菜和牧草等作物品质方面已有研究<sup>[11-13]</sup>。

本试验结果表明,在始穗期对膜下滴灌水稻喷施 EDTA、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{FeCl}_2$  和 5-磺基水杨酸,均能有效提高膜下滴灌水稻后期叶绿素含量,增加功能叶叶面积指数,改善膜下滴灌水稻后期光合性能,提高光合效率;能降

低叶片丙二醛含量,延缓衰老;能增加干物质积累,促进灌浆,增加产量。其中,2 个品种均以 1g/L  $\text{FeCl}_2$  处理的增产效果最好,增产的主要原因是提高了结实率和每穗实粒数。

### 参考文献

- [1] 陈林,赵双玲,朱江艳,等.膜下滴灌水稻的农艺性状相关性和主成分分析[J].安徽农业科学,2012,40(22):11 202-11 204.
- [2] 张荣萍,马均.不同灌水方式对水稻齐穗期功能叶性状的影响[J].西昌学院学报,2008,22(3):31-34.
- [3] 李丽,陈林,张婷婷,等.膜下滴灌对水稻根系形态及生理性状的影响[J].排灌机械工程学报,2015,33(6):536-540.
- [4] 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):219-224.
- [5] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:134-137,260-261.
- [6] 郭飞波,许馥华,洪彩霞.种植密度和 EDTA 对短季棉产量和生理生化特性的影响[J].浙江农业学报,1997,9(1):5-9.
- [7] 朱国奇,张玉焯,张岳平,等.钙对水稻苗期光合特性影响及其亚细胞分布[J].中国农学通报,2015,31(12):92-98.
- [8] 段咏新,宋松泉,傅家瑞.钙对延缓杂交水稻叶片衰老的作用机理[J].杂交水稻,1997,12(6):23-25.
- [9] 钱宝云,刘小龙,李霞.钙肥对不同内源钙含量水稻品种光合作用的影响[J].江苏农业学报,2014,30(3):467-473.
- [10] 裴桂英,陈秀珍,宋战胜,等.大豆叶面喷施铁肥的适宜用量研究[J].河南农业科学,2007,8:74-75.
- [11] 丁建国,李翠芹,李海波,等.铁肥对菠菜生长发育的影响[J].安徽农学通报,2008,14(15):148-149.
- [12] 胡华锋,介晓磊,郭孝,等.喷施硫酸亚铁对紫花苜蓿草产量、品质及矿质营养的影响[J].吉林农业大学学报,2009,31(3):291-296.
- [13] 董素钦.喷施微量元素和稀土对柑桔经济性状和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2007(4):71-72.

## Effects of Different Drought Resistance Materials on Growth Characters and Yield of Rice under Drip Irrigation with Film Mulch after Heading

LI Li, CHEN Lin\*, WANG Xiaojuan\*, WANG Shengyi, WANG Yongqiang, ZHU Jiangyan, ZHAO Shuangling

(Xinjiang Tianye (Group) Co., Ltd/Xinjiang Tianye Agricultural High-tech Co., Ltd, Shihezi, Xinjiang 832011, China; 1st author: 1498066558@qq.com;

\*Corresponding author: cl1030@sohu.com; wangxiaojuanjq@sina.com)

**Abstract:** The effects of different drought resistance materials on growth characters and yield of rice under drip irrigation with film mulch after heading were studied, by randomized block design. The results showed that, the leaf area index and the chlorophyll content were increased, the MDA content was reduced, after using EDTA,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  and 5-salicylic in initial heading stage. Compared with the control, the yield of drought resistance materials treatment were increased, among them, the yield-increasing effect of 1g/L  $\text{FeCl}_2$  treatment was the best. The main cause of the yield increase was the seed setting rate and filled grains improved.

**Key words:** drought resistance materials; drip irrigation with film mulch; rice; growth characters; yield