

王 龙,刘 悦,邹子玉,等. 1% 谷维菌素可溶液剂对水稻生长和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(14):83-89.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.14.011

# 1% 谷维菌素可溶液剂对水稻生长和产量的影响

王 龙<sup>1</sup>, 刘 悦<sup>2</sup>, 邹子玉<sup>3</sup>, 常海龙<sup>1</sup>, 林 威<sup>1</sup>, 李保同<sup>1</sup>

(1. 江西农业大学国土资源与环境学院,江西南昌 330045; 2. 江西农业大学林学院,江西南昌 330045;

3. 江西农业大学农学院,江西南昌 330045)

**摘要:**谷维菌素是一种新型植物生长调节剂,可以有效调控作物的生长发育过程。为了明确 1% 谷维菌素可溶液剂对水稻生长及产量的影响,并且为谷维菌素的开发及其在水稻上的应用提供数据支持,以籼型三系杂交晚稻泰优 631 为试验材料,采用浸种处理的方法,在江西农业大学科技园进行 1% 谷维菌素可溶液剂在不同有效成分含量下对水稻不同时期生长性状及产量影响的试验。结果显示,相对清水浸种处理,经过 1% 谷维菌素可溶液剂处理的水稻根长、鲜质量和地上部干质量在直播 40 d 后,分别增加 22.84%、27.62%、16.15%;根系干质量的影响最显著,在直播后 26、33、40 d,平均增加 81.25%、89.47%、49.10%;直播 33、59 d 后,水稻株高平均增加 10.31%、10.67%;水稻分蘖数于直播后 59 d、成熟期平均增加 76.39%、55.32%;在最终测产时,谷维菌素对水稻穗长、有效穗数和千粒质量的影响较为明显,相比清水处理平均增加 10.23%、6.39%、6.64%,理论产量增加 7.66%~45.80%。由此可见,水稻经过 1% 谷维菌素可溶液剂浸种处理,会提高苗期的根长、鲜质量、地上部干质量和根系干质量,增加水稻株高和分蘖数,并且能够提高成熟期穗长、有效穗数和千粒质量,从而增加水稻产量,因此 1% 谷维菌素可溶液剂能够提高水稻不同时期的部分生长性状,具有显著的促生长作用,尤其以 50~100 mg/kg 浸种处理的效果最优。

**关键词:**谷维菌素;水稻;浸种;直播

**中图分类号:**S482.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)14-0083-07

我国是世界上水稻生产、贸易和消费大国,水

稻种植面积约占全球总面积的 23%,是世界水稻种植面积第二大国家,总产量占世界的 30% 以上,位居世界第一<sup>[1-3]</sup>。随着我国经济的快速发展和人民生活水平的提高,人民的消费潜力得到释放,同时促进了粮食消费需求的快速增长。虽然随着农药的开发和使用,水稻产量得到有效提高,但是由于长期使用同一类型的农药,容易造成病原产生抗药性,病虫草害的发生仍然会导致大量水稻减产<sup>[4-5]</sup>。

收稿日期:2022-10-16

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0301604);江西省现代农业(水稻)产业技术体系建设专项(编号:JXARS-04)。

作者简介:王 龙(1997—),男,甘肃通渭人,硕士研究生,主要从事农药残留分析研究。E-mail:wl2283807483@163.com。

通信作者:李保同,博士,教授,主要从事农药学研究。E-mail:libt66@163.com。

35-41.

[11]王 寅,高 强,李翠兰,等. 吉林省玉米施钾增产效应及区域差异[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(8):1335-1344.

[12]邓浩亮. 黄土高原不同生态区垄沟覆盖对春玉米生产力和土壤质量的影响及其机理[D]. 兰州:甘肃农业大学,2019.

[13]张 洋,于惠琳,王延波. 东北不同生态区玉米品种产量及相关性状差异研究[J]. 作物杂志,2019(1):38-43.

[14]禹 田,贾永超,柴正群,等. 云南不同生态区玉米害虫优势种及其天敌优势种的种群动态[J]. 中国植保导刊,2018,38(9):31-37.

[15]王碧莹. 肥密互作对不同生态区春玉米生长发育及产量形成的影响[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018.

[16]刘松涛,刘 过,Tinashe Z,等. 河北省不同生态区夏玉米丰产、稳产性品种筛选研究[J]. 作物杂志,2018(2):56-60.

[17]顾海靖. 河南玉米主产区适宜品种的鉴定与评价[D]. 郑州:河南农业大学,2018.

[18]赵 霞,穆心愿,卢道文,等. 生态环境与种植密度对河南省夏玉米产量的影响[J]. 玉米科学,2018,26(6):68-74.

[19]王向鹏,张如养,宋 伟,等. 不同生态区多环境下优良玉米自交系的筛选研究[J]. 北京农学院学报,2017,32(4):1-7.

[20]王 寅,郭 聃,高 强,等. 吉林省不同生态区玉米施磷的增产效应差异[J]. 中国农业科学,2017,50(9):1635-1645.

[21]郝 楠,王建华,李月明,等. 不同生态区域玉米种子收获期与种子活力关系研究[J]. 玉米科学,2016,24(6):61-66,74.

[22]陈泽辉. 西南玉米生态区域划分及品种需求[J]. 山地农业生物学报,2016,35(3):1-10.

[23]王春梅,任 洪,曹绍书,等. 贵州不同生态区玉米地方种质资源籽粒的品质研究[J]. 种子,2015,34(8):67-69.

因此,植物生长调节剂在保障粮食安全和提高产量方面越来越受到人们的关注<sup>[6]</sup>。

植物生长调节剂是人工合成的(或从微生物中提取的天然的)、具有与天然植物激素相似的生长发育调节作用的有机化合物,可在较低浓度下通过调节植物内源性激素信号和代谢来优化植物形态并增加产量<sup>[7-9]</sup>。1% 谷维菌素可溶液剂是由东北农业大学研发的植物生长调节剂,可以有效调节作物、蔬菜的生长发育过程,达到稳产增产、提高品质、增强作物抗病虫害等效果,是一种高效、残留少、对生态环境损害和污染较小、有利于保护人畜安全且能有效促进植物生长的植物生长调节剂<sup>[10-11]</sup>,目前处于田间试验阶段并尚未实现产业化批量生产,并且目前国内外没有关于谷维菌素对水稻各生长性状和理论产量影响的明确报道。为了明确 1% 谷维菌素可溶液剂在浸种处理下对不同时期水稻生长性状的影响,本试验以籼型三系杂交晚稻泰优 631 为试验材料,采用浸种直播的方法,分析水稻不同时期的部分生长性状及最终产量,以期对谷维菌素的开发及其在水稻上的应用提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试水稻品种为泰优 631(江西现代种业股份有限公司)。供试药剂为 1% 谷维菌素可溶液剂(由东北农业大学提供)、0.000 1% 羟烯腺嘌呤可湿性粉剂(产自浙江惠光生化有限公司)。

### 1.2 试验方法

试验于 2021 年 7 月在江西省江西农业大学科技园(115°49'53"E,28°46'8"N)进行,试验共设如表 1 所示的 6 个处理,每个处理设 4 次重复,每个小区的面积为 30 m<sup>2</sup>。试验按随机排列区组,小区间筑田埂隔开,单排单灌。稻田土壤的理化性质如下:pH 值为 5.60,有机质含量为 26.83 g/kg,全氮含量为 1.42 g/kg,有效磷含量为 10.46 mg/kg,速效钾含量为 70.66 mg/kg。

将水稻放在密度为 1.13 kg/m<sup>3</sup> 的盐水中,选择在盐水中下沉的饱满种子进行冲洗,将其他漂浮、不存活的种子丢弃。在冲洗掉种子表面的盐水后,分别将种子在不同处理溶液中浸种 48 h,完成浸种后将种子沥干,置于通气的浸湿编织袋中进行催芽,温度控制在 37 ℃左右。当种子芽长至半粒谷长时,将种子置于加入丁硫克百威种子处理干粉剂的

塑料袋内拌种,防止水稻稻蓟马和鸟类取食<sup>[12-13]</sup>。由经验丰富的手工劳动者进行直播播种,在作物生长期,所有其他农艺做法都保持一致<sup>[14-15]</sup>。

表 1 试验药剂剂量设计

编号	处理	有效剂量 (mg/kg)
T <sub>1</sub>	1% 谷维菌素可溶液剂	30.300
T <sub>2</sub>	1% 谷维菌素可溶液剂	50.000
T <sub>3</sub>	1% 谷维菌素可溶液剂	71.400
T <sub>4</sub>	1% 谷维菌素可溶液剂	100.000
CK <sub>1</sub>	0.000 1% 羟烯腺嘌呤可湿性粉剂	0.008
CK <sub>2</sub>	空白/清水	

### 1.3 测定项目及方法

水稻苗期性状的测定。于水稻 3 叶 1 心期,连续 3 周取样(直播 26、33、40 d),随机选取 10 株水稻,测量各组根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量。

株高和分蘖动态的测定。从直播后 26 d 开始,随机选取 10 株水稻,每隔 7 d(播后 26、33、40、52、59 d 和成熟期)调查水稻株高及分蘖数。

成熟期水稻理论产量的测产。待水稻成熟后,每个处理随机选 10 株水稻样品,计算每穗总粒数、结实率、千粒质量、穗长和有效穗数,并计算理论产量(kg/hm<sup>2</sup>),计算公式如下:

理论产量 = 单位面积有效穗数 × 每穗总粒数 × 结实率 × 千粒质量/10<sup>6</sup>。

### 1.4 数据分析

试验数据用 Excel 和 SPSS 20.0 软件进行统计分析,用 Duncan's 分析法检验处理间的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 对水稻苗期生长的影响

从表 2、表 3 可以看出,谷维菌素处理对水稻苗期各项指标都有明显的提升效果,在水稻直播后 26 d,T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理的水稻根长分别为 14.62、16.05、17.00、18.94 cm,分别比 CK<sub>2</sub> 处理的 14.25 cm 增加了 2.60%、12.63%、19.30%、32.91%,与 CK<sub>1</sub> 处理的 14.78 cm 相比,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理的根长分别增加了 8.59%、15.02%、28.15%;T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理的水稻鲜质量分别为 2.46、2.95、2.99、3.63 g,相比 CK<sub>2</sub> 处理的 1.91 g 分别增加了 28.27%、54.45%、56.54%、90.05%,相比 CK<sub>1</sub> 处理

的 2.72 g,  $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  处理的水稻鲜质量分别增加了 8.46%、9.93%、33.46%;  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  处理的水稻地上部干质量分别为 0.39、0.42、0.46、0.52 g, 分别比  $CK_2$  清水处理的 0.38 g 增加了 2.63%、10.53%、21.05%、36.84%, 相比  $CK_1$  处理的 0.40 g,  $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  处理的地上部干质量分别增加了 5.00%、15.00%、30.00%; 经过  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  处理的水稻根系干质量分别为 0.08、0.16、0.16、0.18 g, 与  $CK_2$  处理的 0.08 g 相比分别增加了 0.00%、100.00%、100.00%、125.00%, 与  $CK_1$  处理的 0.13 g 相比,  $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  处理的根系干质量分别增加了 23.08%、23.08%、38.46%。

直播后 33 d,  $CK_2$  处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 16.35 cm、5.10 g、0.69 g、0.19 g,  $CK_1$  处理的相应指标分别为 18.30 cm、5.99 g、0.72 g、0.30 g,  $T_4$  处理的相应指标分别为 21.75 cm、7.46 g、1.01 g、0.45 g。与  $CK_2$ 、 $CK_1$  相比,  $T_4$  处理的根长分别增加了 33.03%、18.85%, 鲜质量分别增加了 46.27%、24.54%, 地上部干质量、根系干质量分别增加了 46.38%、40.28% 和 136.84%、50.00%;  $T_3$  处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 21.35 cm、

6.66 g、0.92 g、0.38 g, 相对于  $CK_2$ 、 $CK_1$  处理, 根长分别增加了 30.58%、16.67%, 鲜质量分别增加了 30.59%、11.19%, 地上部干质量、根系干质量分别增加了 33.33%、27.78% 和 100.00%、26.67%;  $T_2$  处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 19.50 cm、6.10 g、0.76 g、0.35 g, 相对于  $CK_2$ 、 $CK_1$  处理, 根长分别增加了 19.27%、6.56%, 鲜质量分别增加了 19.61%、1.84%, 地上部干质量、根系干质量分别增加了 10.14%、5.56% 和 84.21%、16.67%;  $T_1$  处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 16.65 cm、5.30 g、0.71 g、0.26 g, 相对于  $CK_2$  处理, 根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别增加了 1.83%、3.92%、2.90%、36.84%, 但是相对于  $CK_1$  处理, 其效果没有  $CK_1$  处理效果好。

直播后 40 d,  $CK_2$ 、 $CK_1$  处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 17.95 cm、7.44 g、1.13 g、0.28 g 和 19.75 cm、8.71 g、1.20 g、0.33 g,  $T_1$  处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 19.30 cm、8.60 g、1.19 g、0.33 g,  $T_2$  处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 21.10 cm、9.23 g、1.22 g、0.39 g,  $T_3$  处理的根长、鲜

表 2 各药剂对水稻苗期生长指标的影响

直播后时间 (d)	编号	根长 (cm)	鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)	根系干质量 (g)
26	$T_1$	14.62 ± 3.29b	2.46 ± 0.89bc	0.39 ± 0.11a	0.08 ± 0.04b
	$T_2$	16.05 ± 3.52ab	2.95 ± 0.58ab	0.42 ± 0.16a	0.16 ± 0.04a
	$T_3$	17.00 ± 3.42ab	2.99 ± 0.81ab	0.46 ± 0.16a	0.16 ± 0.04a
	$T_4$	18.94 ± 0.90a	3.63 ± 1.28a	0.52 ± 0.19a	0.18 ± 0.08a
	$CK_1$	14.78 ± 3.57b	2.72 ± 1.46abc	0.40 ± 0.61a	0.13 ± 0.10ab
	$CK_2$	14.25 ± 2.80b	1.91 ± 0.93c	0.38 ± 0.13a	0.08 ± 0.03b
33	$T_1$	16.65 ± 3.69c	5.30 ± 1.16cd	0.71 ± 0.17c	0.26 ± 0.11cd
	$T_2$	19.50 ± 3.70abc	6.10 ± 1.05bc	0.76 ± 0.18bc	0.35 ± 0.10abc
	$T_3$	21.35 ± 2.65ab	6.66 ± 1.00ab	0.92 ± 0.15ab	0.38 ± 0.12ab
	$T_4$	21.75 ± 3.49a	7.46 ± 0.79a	1.01 ± 0.20a	0.45 ± 0.13a
	$CK_1$	18.30 ± 3.28bc	5.99 ± 1.15bcd	0.72 ± 0.19c	0.30 ± 0.10bc
	$CK_2$	16.35 ± 3.94c	5.10 ± 0.95d	0.69 ± 0.22c	0.19 ± 0.07d
40	$T_1$	19.30 ± 2.76cd	8.60 ± 4.60a	1.19 ± 0.32a	0.33 ± 0.19ab
	$T_2$	21.10 ± 2.71bc	9.23 ± 3.56a	1.22 ± 0.33a	0.39 ± 0.19ab
	$T_3$	22.55 ± 2.63b	9.69 ± 5.24a	1.35 ± 0.45a	0.45 ± 0.15ab
	$T_4$	25.25 ± 2.82a	10.46 ± 4.76a	1.49 ± 0.44a	0.50 ± 0.19a
	$CK_1$	19.75 ± 3.46cd	8.71 ± 5.22a	1.20 ± 0.46a	0.33 ± 0.17ab
	$CK_2$	17.95 ± 2.91d	7.44 ± 2.43a	1.13 ± 0.45a	0.28 ± 0.12b

注:表中数据为平均值 ± 标准差, 同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 表 4、表 5、表 6 同。

表3 不同药剂对水稻苗期生长指标增幅的影响

直播后 时间(d)	编号	根长		鲜质量		地上部干质量		根系干质量	
		较CK <sub>1</sub> 增(%)	较CK <sub>2</sub> 增(%)	较CK <sub>1</sub> 增(%)	较CK <sub>2</sub> 增(%)	较CK <sub>1</sub> 增(%)	较CK <sub>2</sub> 增(%)	较CK <sub>1</sub> 增(%)	较CK <sub>2</sub> 增(%)
26	T <sub>1</sub>	-1.08	2.60	-9.93	28.27	-2.50	2.63	-38.46	0.00
	T <sub>2</sub>	8.59	12.63	8.46	54.45	5.00	10.53	23.08	100.00
	T <sub>3</sub>	15.02	19.30	9.93	56.54	15.00	21.05	23.08	100.00
	T <sub>4</sub>	28.15	32.91	33.46	90.05	30.00	36.84	38.46	125.00
	CK <sub>1</sub>		3.72		42.41		5.26		62.50
	CK <sub>2</sub>	-3.59		-29.78		-5.00		-38.46	
33	T <sub>1</sub>	-9.02	1.83	-11.52	3.92	-1.39	2.90	-13.33	36.84
	T <sub>2</sub>	6.56	19.27	1.84	19.61	5.56	10.14	16.67	84.21
	T <sub>3</sub>	16.67	30.58	11.19	30.59	27.78	33.33	26.67	100.00
	T <sub>4</sub>	18.85	33.03	24.54	46.27	40.28	46.38	50.00	136.84
	CK <sub>1</sub>		11.93		17.45		4.35		57.89
	CK <sub>2</sub>	-10.66		-14.86		-4.17		-36.67	
40	T <sub>1</sub>	-2.28	7.52	-1.26	15.59	-0.83	5.31	0.00	17.86
	T <sub>2</sub>	6.84	17.55	5.97	24.06	1.67	7.96	18.18	39.29
	T <sub>3</sub>	14.18	25.63	11.25	30.24	12.50	19.47	36.36	60.71
	T <sub>4</sub>	27.85	40.67	20.09	40.59	24.17	31.86	51.52	78.57
	CK <sub>1</sub>		10.03		17.07		6.19		17.86
	CK <sub>2</sub>	-9.11		-14.58		-5.83		-15.15	

质量、地上部干质量、根系干质量分别为 22.55 cm、9.69 g、1.35 g、0.45 g, T<sub>4</sub> 处理的根长、鲜质量、地上部干质量、根系干质量分别为 25.25 cm、10.46 g、1.49 g、0.50 g。与 CK<sub>2</sub> 处理相比, T<sub>1</sub> ~ T<sub>4</sub> 处理的根长增加了 7.52% ~ 40.67%, 鲜质量增加了 15.59% ~ 40.59%, 地上部干质量增加了 5.31% ~ 31.86%, 根系干质量增加了 17.86% ~ 78.57%; 与 CK<sub>1</sub> 处理相比, T<sub>2</sub> ~ T<sub>4</sub> 处理的相对根长增加了 6.84% ~ 27.85%, 鲜质量增加了 5.97% ~ 20.09%, 地上部干质量增加了 1.67% ~ 24.17%, 根系干质量增加了 18.18% ~ 51.52%, 与 CK<sub>1</sub> 处理相比, T<sub>1</sub> 处理对水稻苗期根长、鲜质量、地上部干质量和根系干质量提高的效果没有 CK<sub>1</sub> 处理明显。

## 2.2 对水稻株高、分蘖动态的影响

从表4、图1可以看出,从水稻苗期到成熟期,清水浸种处理(CK<sub>2</sub>)的平均株高从3叶1心期的42.06 cm增加到成熟期的88.70 cm, CK<sub>1</sub>处理的株高则是从43.14 cm增加到93.90 cm。T<sub>1</sub>处理的株高从直播后26 d(3叶1心期)的42.80 cm增加到90.65 cm,相对于CK<sub>2</sub>处理增加了0.14% ~ 7.60%; T<sub>2</sub>处理的株高由43.46 cm增加到95.60 cm,相对于CK<sub>1</sub>处理增加了0.74% ~ 5.95%,相对于CK<sub>2</sub>处理增加了3.33% ~ 10.57%,并且在直播后

33、59 d和成熟期与CK<sub>2</sub>处理间呈现显著差异; T<sub>3</sub>处理的株高从43.55 cm增长到96.60 cm,相对于CK<sub>1</sub>处理增加了0.60% ~ 8.96%,在直播后52、59 d呈现显著差异,相对于CK<sub>2</sub>处理增加了3.54% ~ 12.69%,并在直播后33、52、59 d和成熟期呈现显著差异; T<sub>4</sub>处理的株高从45.05 cm增长到100.30 cm,相对于CK<sub>1</sub>处理增加了2.06% ~ 11.73%,在52、59 d和成熟期呈显著差异,相对于CK<sub>2</sub>处理增加了7.11% ~ 16.60%,在直播33 d后都呈现显著差异。所以相比于CK<sub>2</sub>, T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>处理对水稻株高有增加效果,而且随着施药量增加,效果越明显,4个处理的平均效果在直播后59、33 d时最高,株高平均增加了10.67%、10.31%;相对于CK<sub>1</sub>处理, T<sub>1</sub>处理的药效稍逊于CK<sub>1</sub>处理,但随着谷维菌素有效成分的增加,株高相对增加,以T<sub>4</sub>处理最优,在直播后59 d比CK<sub>1</sub>处理增加了11.73%,增加效果最好。

由表4、图2可以看出, CK<sub>2</sub>处理的平均分蘖数由直播后26 d的1.50个/株升高到收获期的4.70个/株, T<sub>4</sub>处理的平均分蘖数由直播后26 d的2.70个/株到收获期的9.60个/株, T<sub>4</sub>处理与CK<sub>2</sub>处理之间差异显著; CK<sub>1</sub>处理的平均分蘖数为1.80 ~ 5.80个/株, T<sub>4</sub>处理的分蘖数增加了28.57% ~

表 4 不同处理对水稻株高和分蘖动态的影响

时间	编号	株高 (cm)	分蘖数 (个/株)
直播后 26 d	T <sub>1</sub>	42.80 ± 1.98a	1.60 ± 0.70b
	T <sub>2</sub>	43.46 ± 3.58a	2.00 ± 0.82b
	T <sub>3</sub>	43.55 ± 4.47a	2.00 ± 0.67b
	T <sub>4</sub>	45.05 ± 3.93a	2.70 ± 0.82a
	CK <sub>1</sub>	43.14 ± 3.65a	1.80 ± 0.63b
	CK <sub>2</sub>	42.06 ± 3.87a	1.50 ± 0.53b
直播后 33 d	T <sub>1</sub>	56.60 ± 5.05ab	1.80 ± 0.79b
	T <sub>2</sub>	57.35 ± 4.28a	2.00 ± 0.67b
	T <sub>3</sub>	58.65 ± 3.22a	2.20 ± 0.92ab
	T <sub>4</sub>	59.50 ± 4.85a	2.90 ± 1.37a
	CK <sub>1</sub>	58.30 ± 6.35a	1.80 ± 0.63b
	CK <sub>2</sub>	52.60 ± 5.65b	1.70 ± 0.67b
直播后 40 d	T <sub>1</sub>	63.05 ± 4.19b	2.00 ± 1.15ab
	T <sub>2</sub>	67.15 ± 6.17ab	2.20 ± 1.03ab
	T <sub>3</sub>	67.17 ± 4.76ab	2.50 ± 0.97ab
	T <sub>4</sub>	69.30 ± 4.33a	2.70 ± 1.16a
	CK <sub>1</sub>	64.80 ± 7.30ab	2.10 ± 0.88ab
	CK <sub>2</sub>	62.96 ± 3.02b	1.60 ± 0.97b
直播后 52 d	T <sub>1</sub>	78.72 ± 7.12b	4.80 ± 1.62cd
	T <sub>2</sub>	83.25 ± 7.31ab	6.40 ± 1.58abc
	T <sub>3</sub>	87.28 ± 5.71a	6.60 ± 1.84ab
	T <sub>4</sub>	89.05 ± 7.31a	7.60 ± 2.88a
	CK <sub>1</sub>	80.10 ± 6.04b	5.30 ± 1.64bcd
	CK <sub>2</sub>	77.45 ± 4.83b	3.60 ± 0.97d
直播后 59 d	T <sub>1</sub>	87.10 ± 7.04bc	4.80 ± 1.62cd
	T <sub>2</sub>	92.60 ± 5.30ab	6.40 ± 1.58abc
	T <sub>3</sub>	93.40 ± 7.34a	6.60 ± 1.84ab
	T <sub>4</sub>	97.65 ± 6.74a	7.60 ± 2.88a
	CK <sub>1</sub>	87.40 ± 6.78bc	5.30 ± 1.64bcd
	CK <sub>2</sub>	83.75 ± 3.85c	3.60 ± 0.97d
成熟期	T <sub>1</sub>	90.65 ± 7.30cd	5.30 ± 1.57bc
	T <sub>2</sub>	95.60 ± 4.01abc	7.00 ± 3.06bc
	T <sub>3</sub>	96.60 ± 5.54ab	7.30 ± 2.63b
	T <sub>4</sub>	100.30 ± 5.91a	9.60 ± 3.37a
	CK <sub>1</sub>	93.90 ± 5.90bcd	5.80 ± 2.04bc
	CK <sub>2</sub>	88.70 ± 7.22d	4.70 ± 1.70c

74.29%,且只有在直播后 40 d 的调查中两者的数据无显著差异,其余时间都存在显著差异,说明与其他处理相比,T<sub>4</sub> 处理的效果最优。其次是 T<sub>3</sub> 处理,平均分蘖数为 2.00 ~ 7.30 个/株,比 CK<sub>2</sub> 处理增加了 29.41% ~ 83.33%,比 CK<sub>1</sub> 处理增加了 11.11% ~ 54.29%;接着是 T<sub>2</sub> 处理,平均分蘖数从 3 叶 1 心期的 2 个/株增加到收获期的 7 个/株,比 CK<sub>2</sub> 增加了 11.76% ~ 77.78%,比 CK<sub>1</sub> 增加了 4.76% ~ 20.75%;T<sub>1</sub> 处理的平均分蘖数由 1.6 个/株增加到 5.3 个/株,比 CK<sub>2</sub> 增加了 2.94% ~ 33.33%,与 CK<sub>1</sub> 相比,处理效果稍逊,但是 T<sub>1</sub> 与 CK<sub>1</sub> 处理之间没有显著差异,说明两者对水稻分蘖的药效比较接近。

### 2.3 对水稻产量因素的影响

对水稻进行浸种处理,到收获期进行测产。由表 5 可见,T<sub>4</sub> 处理的水稻最终平均穗长为 25.80 cm,与 CK<sub>1</sub> 处理的 24.16 cm 和 CK<sub>2</sub> 处理的 22.59 cm 相比分别增长了 6.79%、14.21%;T<sub>3</sub> 处理的水稻平均穗长为 25.30 cm,分别比 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 处理增加了 4.72%、12.00%;T<sub>2</sub>、T<sub>1</sub> 处理的穗长分别为 24.63、23.87 cm,与 CK<sub>2</sub> 处理相比分别增加了 9.03%、5.67%。以上研究结果显示,T<sub>4</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub> 处理与 CK<sub>2</sub> 处理之间呈显著差异,说明针对成熟期水稻的穗长,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理的增加效果明显。

T<sub>4</sub> 处理的最终平均有效穗数为 289.10 万穗/hm<sup>2</sup>,与 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 的 269.60 万、262.00 万穗/hm<sup>2</sup> 相比分别增加了 7.23%、10.34%;T<sub>3</sub> 处理的有效穗数为 282.50 万穗/hm<sup>2</sup>,与 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 处理相比分别增加了 4.78%、7.82%;T<sub>2</sub> 处理有效穗数分别比 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 处理增加了 2.23%、5.19%;T<sub>1</sub> 处理有效穗数比 CK<sub>2</sub> 处理增加了 2.21%。此外,T<sub>4</sub>、T<sub>3</sub> 处理与 CK<sub>2</sub> 处理之间、T<sub>4</sub> 处理与 CK<sub>1</sub> 处理之间表现出显著

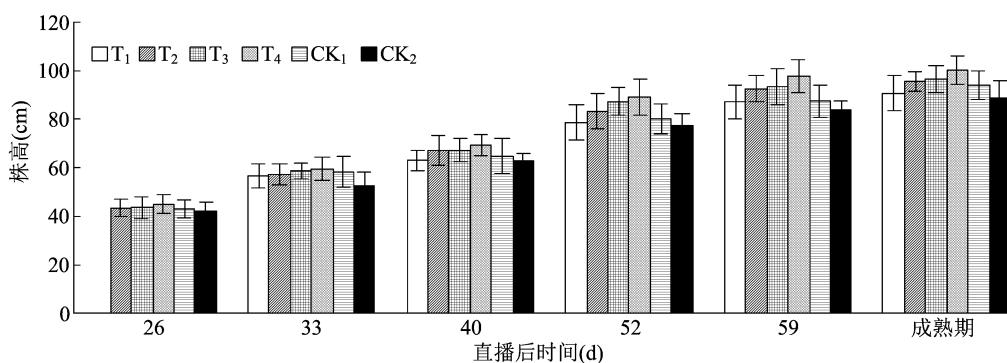


图 1 各处理在不同时间段对水稻株高的影响

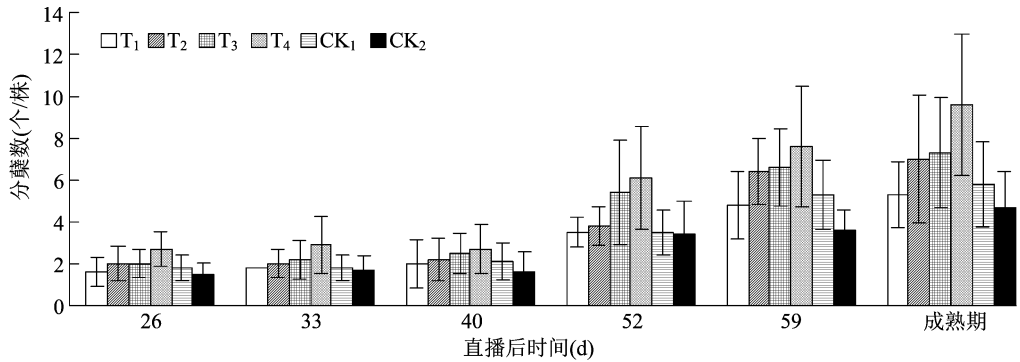


图2 谷维菌素对水稻分蘖动态的影响

表5 不同处理对水稻产量因素的影响

编号	穗长 (cm)	有效穗数 (万穗/hm <sup>2</sup> )	每穗总粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒质量 (g)
T <sub>1</sub>	23.87 ± 3.47ab	267.80 ± 20.46bc	158.70 ± 21.90a	79.62 ± 4.54b	20.31 ± 1.45bc
T <sub>2</sub>	24.63 ± 1.58ab	275.60 ± 15.49abc	166.10 ± 21.09a	81.33 ± 3.37ab	21.00 ± 0.77abc
T <sub>3</sub>	25.30 ± 2.63a	282.50 ± 12.18ab	171.70 ± 24.58a	82.17 ± 4.13ab	21.66 ± 1.48ab
T <sub>4</sub>	25.80 ± 2.53a	289.10 ± 25.22a	175.20 ± 19.97a	83.86 ± 4.65a	22.04 ± 2.27a
CK <sub>1</sub>	24.16 ± 2.35ab	269.60 ± 22.31bc	161.80 ± 17.99a	80.23 ± 3.95ab	20.85 ± 1.73abc
CK <sub>2</sub>	22.59 ± 3.11b	262.00 ± 18.76c	154.90 ± 16.24a	78.97 ± 4.44b	19.93 ± 1.40c

差异,说明 T<sub>4</sub> 处理对有效穗数的增加效果更为明显。

在 T<sub>4</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>1</sub> 处理下,水稻的平均每穗总粒数分别为 175.20、171.70、166.10、158.70 粒/穗,分别比 CK<sub>2</sub> 处理的 154.90 粒/穗增加了 13.11%、10.85%、7.23%、2.45%,T<sub>4</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>2</sub> 处理的每穗总粒数分别比 CK<sub>1</sub> 处理增加了 8.28%、6.12%、2.66%。但是由表 4 可知,T<sub>1</sub>~T<sub>4</sub> 处理和 CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 之间的数据两两间均呈现不显著关系。在 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理下,水稻的平均结实率分别为 79.62%、81.33%、82.17%、83.86%,与 CK<sub>2</sub> 处理的 78.97% 相比,分别提高了 0.82%、2.98%、4.05%、6.19%,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理分别比 CK<sub>1</sub> 处理提高了 1.36%、2.42%、4.52%,且只有 T<sub>4</sub> 处理与 CK<sub>2</sub>、T<sub>1</sub> 处理间的数据呈现显著差异。在 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理下,水稻的平均千粒质量分别为 20.31、21.00、21.66、22.04 g,相对于 CK<sub>2</sub> 处理的 19.93 g 分别提高了 1.91%、5.37%、8.68%、10.59%,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理的水稻平均千粒质量分别比 CK<sub>1</sub> 处理的 20.85 g 提高了 0.72%、3.88%、5.71%,并且 T<sub>4</sub> 处理与 CK<sub>2</sub>、T<sub>1</sub>、T<sub>3</sub>、CK<sub>2</sub> 处理之间的差异显著。

#### 2.4 对理论产量的影响

从表 6 可以看出,在 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>、CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub> 处理下,水稻产量分别为 6 912.06、7 818.52、

8 629.88、9 360.58、7 310.67、6 420.18 kg/hm<sup>2</sup>,其中与 CK<sub>2</sub> 处理相比,T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理的产量分别提高了 7.66%、21.78%、34.42%、45.80%,与 CK<sub>1</sub> 处理相比,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理的产量分别增加了 6.95%、18.04%、28.04%,且 T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理与 CK<sub>2</sub> 处理存在显著差异,T<sub>4</sub> 处理与 CK<sub>1</sub> 处理也有显著差异,但是 CK<sub>1</sub> 处理与 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 处理相比,虽然两者相对 CK<sub>2</sub> 处理的产量都有增加效果,但是其效果与 CK<sub>1</sub> 处理相比没有显著差异。结合“2.3”节的内容可知,谷维菌素主要通过增加成熟期的穗长、有效穗数和千粒质量来增加产量,并且随着有效成分的增加,其增产效果更明显。

表6 不同药剂对水稻理论产量的影响

编号	理论产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	增产率	
		较 CK <sub>1</sub> (%)	较 CK <sub>2</sub> (%)
T <sub>1</sub>	6 912.06cd	-5.45	7.66
T <sub>2</sub>	7 818.52bc	6.95	21.78
T <sub>3</sub>	8 629.88ab	18.04	34.42
T <sub>4</sub>	9 360.58a	28.04	45.80
CK <sub>1</sub>	7 310.67bcd		13.87
CK <sub>2</sub>	6 420.18d	-12.18	

### 3 结论与讨论

综上所述,用 1% 谷维菌素可溶液剂对直播水

稻进行浸种处理,会对水稻不同时期的部分生长性状及最终产量带来促进或提高效果,并且随着其有效浓度的增加,效果越明显,尤其以 100 mg/kg ( $T_4$  处理)浸种处理的效果最优。在水稻苗期,经过谷维菌素浸种后,水稻根长、鲜质量、地上干质量和根系干质量均有所增加,并且在直播 40 d 后,根长、鲜质量、地上干质量相对空白处理 ( $CK_2$ ) 平均增加了 22.84%、27.62%、16.15%。但是,谷维菌素的主要作用还是在根系干质量上,与清水浸种处理 ( $CK_2$ ) 相比,直播后 26、32、40 d 的根系干质量分别平均增加了 81.25%、89.47%、49.10%。谷维菌素对于水稻株高的影响,主要表现在直播后 33、59 d 和成熟期,除了  $T_1$  处理,与空白处理 ( $CK_2$  处理) 相比,  $T_2 \sim T_4$  处理的株高增加了 7.78% ~ 16.60%,并且呈现出显著差异。谷维菌素对于分蘖的影响在直播后 59 d 和成熟期呈现出最好的平均效果,与空白处理相比,平均分蘖数分别增加了 76.39%、55.32%,当谷维菌素有效浓度 50.00 mg/kg 时,数据呈显著差异。在产量性状方面,谷维菌素的影响主要体现在穗长、有效穗数、千粒质量上,与空白处理相比,穗长、有效穗数、千粒质量平均分别增加了 10.23%、6.39%、6.64%,当谷维菌素有效浓度超过 50.00 mg/kg 时,数据相对空白处理表现出显著差异,从而影响理论产量,增产率为 7.66% ~ 45.80%。与 0.000 1% 羟烯腺嘌呤可湿性粉剂的推荐剂量处理 ( $CK_1$  处理) 相比,谷维菌素有效浓度为 30.3 mg/kg 的处理 ( $T_1$  处理) 的作用稍逊于  $CK_1$  处理,当谷维菌素浓度达到 50 mg/kg ( $CK_2$  处理) 时,增幅效果开始比  $CK_1$  处理明显,随着其浓度的增加,效果开始变得相对显著,尤其以 100 mg/kg ( $T_4$  处理) 处理最为显著,理论产量增加了 28.04%。

对上述结果进行对比得出,当使用 1% 谷维菌素可溶液剂对水稻进行浸种处理后,可以提高水稻苗期的根长、鲜质量、地上干质量和根系干质量,增加株高和分蘖数,具有显著的促生长作用,并且能够通过增加成熟期穗长、有效穗数和千粒质量来提高水稻产量,但其作用机制和抗病虫害功能还需进

一步研究。

#### 参考文献:

- [1]徐春春,纪 龙,陈中督,等. 中国水稻生产、市场与进出口贸易的回顾与展望[J]. 中国稻米,2021,27(4):17-21.
- [2]Zhou Y,Deng X L,Ma H H,et al. Dissipation dynamic of quintrione in rice plants and terminal residue in rice straw, grain and soil[J]. Chinese Journal of Pesticide Science,2020,22(2):388-396.
- [3]Yang X M,Song Z L,van Zwielen L,et al. Spatial distribution of plant-available silicon and its controlling factors in paddy fields of China[J]. Geoderma,2021,401:115215.
- [4]卞传飞,宁 旭,崔宗胤,等. 氟唑菌酰胺对水稻纹枯病的室内毒力测定与田间防效[J]. 江西农业大学学报,2021,43(5):1015-1021.
- [5]Yu Y Y,Jiang C H,Wang C,et al. An improved strategy for stable biocontrol agents selecting to control rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*[J]. Microbiological Research,2017,203:1-9.
- [6]陈蔚燕. 新型植物生长调节剂(PGRs)的研制及其应用技术研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2015.
- [7]Zeng Q Q,Jiang L,Wang D M,et al. Camptothecin and 10-hydroxycamptothecin accumulation in tender leaves of *Camptotheca acuminata* saplings after treatment with plant growth regulators[J]. Plant Growth Regulation,2012,68(3):467-473.
- [8]Sasi M,Awana M,Samota M K,et al. Plant growth regulator induced mitigation of oxidative burst helps in the management of drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Environmental and Experimental Botany,2021,185:104413.
- [9]岳可心,闫伊萌,张鸿旭,等. 植物生长调节剂的毒性研究进展[J]. 农药,2021,60(4):239-243.
- [10]向文胜,张 继,王相晶,等. 一种以谷维菌素为有效成分的植物生长调节剂[P]. CN111685126A. 2020-09-22.
- [11]王 龙,卞传飞,刘 浪,等. 1% 谷维菌素可溶液剂的高效液相色谱分析方法[J]. 应用化工,2021,50(9):2619-2621.
- [12]宋化稳,庄占兴,陈泽龙,等. 丁硫克百威在我国的生产与应用[J]. 农药,1999(12):45-46.
- [13]孔 周,张洪峰. 35% 丁硫克百威种子处理干粉剂防治水稻蓟马药效试验[J]. 现代农药,2011,10(6):48-49.
- [14]Bskhsh I,Khan H,Usman K,et al. Effect of plant growth regulator application at different growth stages on the yield potential of coarse rice[J]. Sarhad Journal of Agriculture,2011,27(4):513-518.
- [15]屈 成,李恩宇,陈光辉. 生长调节剂浸种对晚稻工厂化育秧成秧质量影响的评价[J]. 江西农业学报,2020,32(11):1-9.