

0.01% 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻抗倒伏能力、产量和品质的影响

姜钦龙, 邹新建*, 王苏影, 胡文秀, 喻凤琴, 熊清云

南昌市农业科学院, 江西 南昌

收稿日期: 2023年6月18日; 录用日期: 2023年7月18日; 发布日期: 2023年7月26日

摘要

为研究28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂在水稻的效果, 以国审品种广和优33为材料, 研究不同稀释倍数对水稻抗倒伏能力、产量和品种的影响。试验结果表明: 在水稻分蘖末期用药, 0.01% 28-高芸苔素内酯与4.99%烯效唑的复配制剂, 在稀释倍数为2500倍时, 不仅能增加茎秆茎壁厚度和倒三节抗折力, 提高水稻的抗倒伏能力, 还能增加水稻产量, 提高稻米的粗蛋白含量, 从而改善稻米的品质。

关键词

28-高芸苔素内酯, 烯效唑, 水稻, 抗倒伏能力, 产量, 品质

Effect of Mixture Preparations of 0.01% 28-Homobrassinolide and Uniconazole on the Lodging-Resistance, Yield and Quality of Rice

Qinlong Jiang, Xinjian Zhou*, Suying Wang, Wenxiu Hu, Fengqin Yu, Qingyun Xiong

Nanchang Academy of Agricultural Sciences, Nanchang Jiangxi

Received: Jun. 18th, 2023; accepted: Jul. 18th, 2023; published: Jul. 26th, 2023

Abstract

In order to study the effect of mixture preparations of 0.01% 28-homobrassinolide and Uniconazole on the lodging-resistance, yield and quality of rice, the experiment was conducted with the national review varieties Guanghe and You33 as materials. The results showed that: at the panicle initiation stage, the mixture preparation of 0.01% 28-homobrassinolide and 4.99% uniconazole, at a dilution ratio of 2500 times, not only increased the stem sheath thickness and the resistance to lodging at the third node, but also increased the yield of rice and the crude protein content of rice, thereby improving the quality of rice.

*通讯作者。

文章引用: 姜钦龙, 邹新建, 王苏影, 胡文秀, 喻凤琴, 熊清云. 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻抗倒伏能力、产量和品质的影响[J]. 农业科学, 2023, 13(7): 701-708. DOI: 10.12677/hjas.2023.137097

zole in rice, different dosages of the mixture were applied to Guang He You 33 to study the effects on lodging, yield and quality of rice. The results showed that when the dilution ratio of the mixture preparations of 0.01% 28-homobrassinolide and 4.99% uniconazole was applied at the end of the tillering stage was 2500 times, the lodging resistance of rice, could be improved by increasing the thickness of stem wall and the bending resistance of the top three nodes, it could also increase the yield and the crude protein content of rice, so as to improve the quality of rice.

Keywords

28-Homobrassinolide, Uniconazole, Rice, Lodging Resistance Character, Yield, Quality

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

芸苔素内酯(BRS)是继生长素、细胞分裂素、赤霉素、乙烯和脱落酸之后被世界公认的第六大类植物激素,是到目前为止功能最全面的植物生长调节剂[1]之一。国际上公认为活性高效、广谱、无毒的植物生长调节剂,也是当前我国发展高产优质高效农业和生态农业最有生机和活力的一种新型植物生长调节剂[2]。芸苔素内酯类物质一共有五种化学结构类型,其中 28-高芸苔素内酯为人工合成的芸苔素内酯中活性最高的一种,约为天然芸苔素内酯活性的 87% [3]。其主要功效为提高酶活性、促进早期发育;增强光合效率,提高作物产量,改善作物品质;提高作物抗寒、抗旱、耐涝等抗逆性;减轻农药药害,具有对丁草胺、草铵膦等除草剂解毒作用[4]。孙淑琴等[5]利用 0.01% 28-高芸苔素内酯在水稻拔节期、抽穗期和灌浆期连续施用,可以明显提高水稻的穗长、穗粒数和千粒重,增加水稻产量。

烯效唑是上世纪 80 年代初期继多效唑之后新开发的植物生长调节剂,其活性比多效唑更加高效,其生理机理是干扰植物体内赤霉素的合成,它具有调节株高、缩短节间、增加分蘖和增强抗逆性的功能。目前,已有研究证明,烯效唑在对水稻等[6]其它作物生产上已取得较好效果。

随着芸苔素内酯被广大种植户认可后,芸苔素内酯的应用得到极大的开发,有很多关于芸苔素内酯复配制剂的研究,如芸苔素内酯与吲哚丁酸复配制剂可以提高坐果率,促进水稻秧苗生根,增加水稻等作物的亩产量;芸苔素内酯与赤霉素复配制剂可刺激叶和芽的生长,在棉花盛花期喷洒能减少蕾铃脱落,提高结铃率[7]。前人多是探索关于芸苔素内酯或者多效唑单方面在水稻方面的研究,很少有关于 28-高芸苔素内酯与多效唑复配制剂在水稻上的应用,因此,本试验探索两者不同复配比列在水稻分蘖末期施药,分别对水稻方面的影响。

2. 材料与方法

2.1. 供试药剂

28-高芸苔素内酯原药,纯度 95%,江西新瑞丰生化股份有限公司产品。烯效唑,纯度 95%,上海钰博生物科技有限公司产品。

2.2. 试验药剂配置

28-芸苔素内酯与烯效唑的复配制剂的配置

Table 1. Mixture preparations of 0.01% 28-homobrassinolide and 4.99% uniconazole in different proportions**表 1.** 0.01% 28-高芸苔素内酯与 4.99% 烯效唑不同比例复配

0.01% 28-高芸苔素内酯	4.99% 烯效唑	水
1	0	
1	199	
1	499	
1	999	
0.01% 28-高芸苔素内酯	199	
0	499	
0	999	
0	0	对照

28-高芸苔素内酯、烯效唑、乙醇、单体 NP-10 和水加入量见表 1，将 0.01 g 28-高芸苔素内酯加入到 15 g 乙醇中进行溶解，待完全溶解后，加入不同量的烯效唑进行进一步溶解，再次完全溶解后，加入 5 克的乳化剂单体 NP-10，使 28-高芸苔素内酯溶解稳定，同时起到提高湿润作用和药剂在叶片上的扩展能力，最后加水补足 100 ml，制成 28-高芸苔素内酯与不同比例的烯效唑复配制剂备用。

2.3. 试验条件

试验设在江西省南昌市南昌县泾口乡大沙村，双季稻区，试验田肥力中等、地势高低平整、且均匀一致，排灌设施较好。土壤为壤土，PH = 6.5，有机质含量为 31.7 g/Kg，其他肥水管理及病虫害防治等田间管理均符合当地农业生产实践。

2.4. 试验水稻品种

广和优 33 是南昌市农业科学院、广西兆和种业有限公司联合选育的国审稻品种(国审稻 20210321)，它具有米质优、产量高、熟期早等特点，适宜在江西省、湖南省、湖北省、安徽省、浙江省双季稻区的稻瘟病轻发区作晚稻种植。

2.5. 试验设计与方法

将 0.01% 28-高芸苔素内酯与不同比例的烯效唑的复配制剂稀释 1200 倍、2500 倍和 5000 倍，在水稻分蘖末期施药，每个处理设置四次重复，小区面积 27 m²，各小区作 20 cm 宽田埂，重复之间作 30 cm 宽田埂，重复间留有 40 cm 宽的排灌水沟。试验区内的田埂高于田面，用黑色双层薄膜封装好，防止漏药走肥串水。试验区四周设置 3 行的保护行。移栽株行距为：20 cm × 20 cm，按照大田用 45% 复合肥 (N-P₂O₅-K₂O = 15:15:15，后同) 450 kg/hm² 作为底肥、返青后追施 37.5 kg/hm² 尿素(46%)和 225 kg/hm² 复合肥。水分管理方式：浅水移栽，薄水活颖；苗期水位保持在 3~5 cm，有效分蘖期水位保持在 2~4 cm，在无效分蘖期进水晒田，孕穗扬花期水位保持在 4~8 cm，在齐穗后田间保持干湿交替，成熟期 7 天方可断水。病虫害防治记录：8 月 22 日、9 月 7 日、9 月 25 日统一施药防治病虫害。使用蓝艺背负式电动喷雾器对水稻植株均匀喷雾，试验药剂按从低剂量到高剂量顺序进行茎叶喷雾处理小区用药水量统一设置在 900 ml。于 2021 年 8 月 12 日施药，共施药 1 次。

3. 调查记录、测量方法与数据分析

3.1. 气象及田间管理资料

3.1.1. 气象资料

施药当天,晴转多云,温度 28℃~32℃,湿度 60%,微风,风力 1 级,施药后一周时间晴天为主,偶有阵雨。

3.1.2. 田间管理资料

水稻于 6 月 28 日播种,采用水育秧方式育秧,根据当地土壤肥力及种植的水稻品种(广和优 33)需肥水平,试验田按照 45%的复合肥 450 kg/hm²用量用作基肥,于 2017 年 7 月 18 日撒施,7 月 19 日移栽,7 月 30 日结合天气多云有雨,返青后全田追施 37.5 kg/hm²尿素和 225 kg/hm²复合肥,结合除草剂一起作追肥一次性撒施;在水稻全生育共施药 3 次防治螟虫、钻心虫、纹枯病、稻飞虱等病虫害,水稻全生育期除试验用药(植物生长调节剂)外,其他未再用植物生长调节剂类药剂,水稻于 10 月 25 日完全成熟。

3.2. 调查方法、时间和次数

倒伏指标调查:于水稻齐穗后 15 天(9 月 25 日)进行,在每个小区长势均匀区域挑选 3 个点,每个点连续数 20 穴,调查处理田块的平均茎蘖数;再在 3 个点根据平均茎蘖数每个点取 3 穴作为代表性样株,清洗干净,剪去根部,保留地上部,在实验室内测定株高、节间茎壁厚度,以及倒 3 节间抗折力,利用游标卡尺测定节间中部的茎壁厚度,采用抗折力测定仪测定抗折力。

产量调查:于水稻完全成熟时(10 月 25 日)进行,调查小区有效穗数,并从中随机取 5 穗,调查每穗实粒数,稻谷烘干后,调查千粒重,产量,计算增产率。

稻米品质调查:对晾干都稻谷进行品质测定,整精米率、垩白米率、蛋白质、直链淀粉含量,品质分析委托农产品质量及加工品质检测中心(武汉)完成。

药害调查:本试验在第一次施药后第 1 天、3 天、7 天目测均无药害,包括抑制生长、褪绿、畸形等出现的任何药害,将处理区与空白对照区相比较,计算药害相对百分数。

3.3. 数据统计与分析

根据调查结果,用邓肯氏新复极差法(DMRT)对试验结果进行统计分析。

4. 结果与分析

4.1. 对水稻及非靶标作物的安全性

施药后观察,试验药剂可溶液剂对水稻的安全性较好,未见畸形、萎蔫等异常情况;对非靶标生物无影响。

4.2. 不同复配比例及浓度对水稻抗倒伏效果的影响

试验结果表明:从施药完成到水稻完全成熟期间未发生倒伏,但从表 2 可以看出,不同稀释倍数的 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻的抗倒伏能力影响不同,当稀释 1200 倍时,28-高芸苔素内酯:烯效唑(1:499)复配制剂对降低株高、增加茎壁厚度和倒三节抗折力效果最好,其降增比例分别为 7.9%、3.2%和 5.2%,且降低株高的效果与其他处理差异显著。当稀释 2500 倍和 5000 倍时,28-高芸苔素内酯:烯效唑(1:999)复配制剂对降低株高的效果都是最好,其降低株高比例分别为 4.6%、2.5%;28-高芸苔素内酯:烯效唑(1:499)复配制剂对增加茎壁厚度和倒三节抗折力效果也是最好的,其增加比例为 5.3%、6.0%

和 2.1%、3.4%，其中对倒三节抗折力效果与对照差异显著。

试验结果表明：针对增加茎秆茎壁厚度和倒三节抗折力而言，0.01% 28-高芸苔素内酯 + 4.49% 烯效唑的复配制剂，稀释倍数为 2500 倍时，效果时最为明显。其中 28-高芸苔素内酯对水稻生长调节的最佳稀释倍数为 2500~5000，当稀释倍数不高于 1200 倍时，对水稻生长其抑制作用，这种现象正好与植物激素的低浓度刺激生长，高浓度抑制生长的特性相吻合。

Table 2. Effect of 28-homobrassinolide and uniconazole mixture preparations on lodging resistance of rice

表 2. 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻抗倒伏能力的影响

药剂处理	稀释倍数	株高/cm	茎壁厚度/mm	倒三节抗折力/g
28-高芸苔素内酯	1200	103.92 ± 0.88ab	0.94 ± 0.28a	724 ± 2.35bc
28-高：烯效唑(1:199)	1200	102.73 ± 0.66ab	0.94 ± 0.27a	730.25 ± 4.25b
28-高：烯效唑(1:499)	1200	98.05 ± 0.63c	0.97 ± 0.15a	744 ± 3.76ab
28-高：烯效唑(1:999)	1200	100.99 ± 0.23bc	0.96 ± 0.38a	727.75 ± 5.01b
烯效唑 199	1200	104.33 ± 0.65ab	0.96 ± 0.08a	717.75 ± 0.75bc
烯效唑 499	1200	101.21 ± 0.45b	0.96 ± 0.10a	739.25 ± 3.01ab
烯效唑 999	1200	99.97 ± 0.47bc	0.96 ± 0.23a	731.75 ± 2.66ab
28-高芸苔素内酯	2500	107.15 ± 0.43a	0.95 ± 0.77a	733.5 ± 1.71ab
28-高：烯效唑(1:199)	2500	104.43 ± 0.67ab	0.95 ± 0.15a	735.75 ± 3.17ab
28-高：烯效唑(1:499)	2500	102.29 ± 0.99b	0.99 ± 0.07a	749.5 ± 11.67a
28-高：烯效唑(1:999)	2500	101.63 ± 0.50b	0.96 ± 0.17a	730.75 ± 3.97b
烯效唑 199	2500	105.95 ± 1.06ab	0.95 ± 0.22a	738.75 ± 1.44ab
烯效唑 499	2500	104.18 ± 0.99ab	0.96 ± 0.15a	733.75 ± 9.47ab
烯效唑 999	2500	100.65 ± 0.32bc	0.97 ± 0.00a	734 ± 6.38ab
28-高芸苔素内酯	5000	106.88 ± 0.66a	0.94 ± 0.14a	724.25 ± 4.13bc
28-高：烯效唑(1:199)	5000	106.17 ± 0.85ab	0.93 ± 0.30a	722.5 ± 3.40bc
28-高：烯效唑(1:499)	5000	105.06 ± 1.01ab	0.96 ± 0.21a	731.25 ± 1.80b
28-高：烯效唑(1:999)	5000	103.8 ± 0.82ab	0.94 ± 0.11a	724.5 ± 5.42bc
烯效唑 199	5000	106.64 ± 0.98ab	0.94 ± 0.37a	724.5 ± 4.48bc
烯效唑 499	5000	105.58 ± 0.71ab	0.95 ± 0.13a	721 ± 4.67bc
烯效唑 999	5000	105.63 ± 0.71ab	0.95 ± 0.40a	729.25 ± 2.65b
空白对照	—	106.5 ± 0.92ab	0.94 ± 0.05a	707 ± 1.47c

注：同列数据后不同字母表示差异显著($P < 0.05$)，下同。

4.3. 不同复配比例及浓度对水稻产量的影响

从表 3 可以看出，不同稀释倍数的 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻的产量影响也不相同。从有效穗数、实粒数和千粒重等产量构成因子上看，28-高芸苔素内酯：烯效唑(1:499)复配制剂，稀释 2500 倍时综合效果最好，增加比例最高，其增加比例分别为 7.4%、1.2%和 2.0%，且对有效穗数的调节效果与对照差异显著；当稀释倍为 1200 倍时，从实粒数上看，不同比例的 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配

剂都会对实粒数造成降低影响,说明植物调节剂浓度过高,会抑制穗粒数的增加。从实际产量上看,28-高芸苔素内酯:烯效唑(1:499),稀释2500倍时,对实际产量的增加最为明显,相比清水对照,其增产比例为8.7%,且增产效果与对照差异显著。

试验结果表明:针对有效穗数、实粒数和千粒重等产量构成因子而言,0.01% 28-高芸苔素内酯 + 4.49% 烯效唑的复配制剂,稀释倍数为2500倍时,效果时最为明显。其中28-高芸苔素内酯对水稻产量调节的合适稀释倍数为2500-5000倍数。其烯效唑对水稻产量调节的最适合比例是9.99%,最佳稀释是2500倍数。

Table 3. Effect of 28-homobrassinolide and uniconzaole mixture preparations on rice yield

表 3. 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻产量的影响

处理	稀释倍数	有效穗数/ $10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$	实粒数/粒	千粒重/g	实际亩产/ $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$
28-高: 烯效唑(1:199)	1200	331.5 ± 1.97ab	127.8 ± 1.43a	25.6 ± 0.05a	8.31 ± 0.25b
28-高: 烯效唑(1:499)	1200	342.0 ± 3.15ab	126.8 ± 2.89a	25.2 ± 0.94a	8.37 ± 0.28ab
28-高: 烯效唑(1:999)	1200	342.0 ± 2.30ab	127 ± 2.12a	25.9 ± 0.29a	8.39 ± 0.47ab
烯效唑 199	1200	327.0 ± 3.94b	125.5 ± 3.75a	25.6 ± 0.87a	8.33 ± 0.25ab
烯效唑 499	1200	330.0 ± 4.70ab	124 ± 3.02a	25.2 ± 0.18a	8.22 ± 0.25b
烯效唑 999	1200	346.5 ± 1.37ab	122.8 ± 2.17a	25.3 ± 0.13a	8.19 ± 0.00b
28-高芸苔素内酯	2500	337.5 ± 4.11ab	129 ± 3.41a	25.4 ± 0.25a	8.46 ± 0.62ab
28-高: 烯效唑(1:199)	2500	343.5 ± 3.08ab	128 ± 2.04a	25.5 ± 0.15a	8.65 ± 0.86a
28-高: 烯效唑(1:499)	2500	349.5 ± 2.17a	130.3 ± 2.39a	25.9 ± a0.10a	8.90 ± 0.40a
28-高: 烯效唑(1:999)	2500	343.5 ± 0.75ab	129.3 ± 0.85a	25.5 ± 0.17a	8.52 ± 0.62ab
烯效唑 199	2500	336.0 ± 4.13ab	129.6 ± 2.34a	25.5 ± 0.17a	8.41 ± 0.62ab
烯效唑 499	2500	340.5 ± 1.37ab	129.3 ± 1.79a	25.7 ± 0.13a	8.50 ± 0.12ab
烯效唑 999	2500	340.5 ± 4.35ab	129.0 ± 2.80a	25.6 ± 0.55a	8.30 ± 0.70b
28-高芸苔素内酯	5000	340.5 ± 5.23ab	128.9 ± 1.32a	25.5 ± 0.13a	8.50 ± 0.70ab
28-高: 烯效唑(1:199)	5000	342.0 ± 2.25ab	128.9 ± 2.73a	25.4 ± 0.13a	8.47 ± 0.28ab
28-高: 烯效唑(1:499)	5000	343.5 ± 0.87ab	129.5 ± 2.65a	25.6 ± 0.11a	8.51 ± 0.95ab
28-高: 烯效唑(1:999)	5000	340.5 ± 1.28ab	129.1 ± 3.01a	25.5 ± 0.19a	8.51 ± 0.81ab
烯效唑 199	5000	333.0 ± 7.76ab	129.0 ± 2.36a	25.5 ± 0.19a	8.37 ± 0.28ab
烯效唑 499	5000	337.5 ± 2.81ab	129.2 ± 3.01a	25.4 ± 0.07a	8.32 ± 0.25ab
烯效唑 999	5000	339.0 ± 6.38ab	129.3 ± 2.36a	25.2 ± 0.04a	8.35 ± 0.64ab
空白对照	—	325.5 ± 3.24b	128.8 ± 1.03a	25.4 ± 0.15a	8.18 ± 0.75b

4.4. 不同复配比例及浓度对水稻品质的影响

从表4可以看出,不同稀释倍数的28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻的稻米品质影响也不相同。从整精米率上看,无论是稀释倍数是1200、2500、或5000倍,28-高芸苔素内酯:烯效唑(1:499)复配制剂对水稻的整精米率的提高最为明显,且28-高芸苔素内酯与烯效唑复配的三种比例的制剂都有利于整精米率都提高,其中当稀释倍数2500时,与对照相比,对整精米率的增加差异显著。从垩白粒率和直

链淀粉上看,三种复配制剂与清水对照,差异不显著。从粗蛋白含量上看,28-高芸苔素内酯:烯效唑(1:499)复配制剂,稀释倍数在2500倍时,其对粗蛋白含量的增加最为明显,增加比例为8.7%,与对照相比,差异显著。

试验结果表明:28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂、28-高芸苔素内酯和烯效唑对整精米率、垩白米率、直链淀粉的影响都不太明显;针对粗蛋白含量,0.01% 28-高芸苔素内酯 + 4.49%烯效唑的复配制剂,稀释倍数为2500倍时,效果时最为明显,粗蛋白含量增加8.7%。

Table 4. Effect 28-homobrassinolide and uniconazole mixture preparations on rice quality

表 4. 28-高芸苔素内酯与烯效唑复配制剂对水稻品质的影响

处理	稀释倍数	整精米率/%	垩白粒率/%	直链淀粉/%	粗蛋白含量/%
28-高芸苔素内酯	1200	56.0 ± 0.02c	6.7 ± 0.40a	15.5 ± 0.13a	7.73 ± 0.01b
28-高: 烯效唑(1:199)	1200	56.2 ± 0.64b	6.6 ± 0.40a	15.5 ± 1.77a	7.75 ± 0.24b
28-高: 烯效唑(1:499)	1200	56.3 ± 0.47bc	6.5 ± 0.10a	15.6 ± 0.08a	7.84 ± 0.22b
28-高: 烯效唑(1:999)	1200	56.3 ± 0.47bc	6.4 ± 0.57a	15.4 ± 0.10a	7.82 ± 0.17b
烯效唑 199	1200	56.0 ± 0.05c	6.7 ± 0.07a	15.4 ± 0.07a	7.79 ± 0.10b
烯效唑 499	1200	56.2 ± 0.85bc	6.6 ± 0.08a	15.6 ± 0.08a	7.73 ± 0.09b
烯效唑 999	1200	56.2 ± 0.07bc	6.5 ± 0.21a	15.5 ± 0.16a	7.70 ± 0.17b
28-高芸苔素内酯	2500	56.4 ± 0.13b	6.5 ± 0.10a	15.5 ± 0.09a	7.98 ± 0.04ab
28-高: 烯效唑(1:199)	2500	56.5 ± 0.07ab	6.5 ± 0.10a	15.5 ± 0.09a	8.11 ± 0.15ab
28-高: 烯效唑(1:499)	2500	56.7 ± 0.06a	6.6 ± 0.10a	15.5 ± 0.07a	8.36 ± 0.03a
28-高: 烯效唑(1:999)	2500	56.4 ± 0.13b	6.6 ± 0.12a	15.6 ± 0.11a	7.84 ± 0.31b
烯效唑 199	2500	56.3 ± 0.04bc	6.5 ± 0.21a	15.4 ± 0.07a	8.03 ± 0.32ab
烯效唑 499	2500	56.4 ± 0.13b	6.5 ± 0.10a	15.6 ± 0.04a	7.82 ± 0.42b
烯效唑 999	2500	56.4 ± 0.13b	6.6 ± 0.10a	15.6 ± 0.08a	8.05 ± 0.20ab
28-高芸苔素内酯	5000	56.4 ± 0.13b	6.5 ± 0.10a	15.5 ± 0.13a	8.05 ± 0.03ab
28-高: 烯效唑(1:199)	5000	56.2 ± 0.08bc	6.6 ± 0.14a	15.5 ± 0.06a	7.96 ± 0.04ab
28-高: 烯效唑(1:499)	5000	56.5 ± 0.07ab	6.5 ± 0.10a	15.5 ± 0.14a	7.87 ± 0.02ab
28-高: 烯效唑(1:999)	5000	56.3 ± 0.04bc	6.5 ± 0.07a	15.6 ± 0.17a	7.99 ± 0.05ab
烯效唑 199	5000	56.2 ± 0.85bc	6.6 ± 0.14a	15.5 ± 0.07a	7.86 ± 0.09ab
烯效唑 499	5000	56.1 ± 0.47c	6.6 ± 0.04a	15.6 ± 0.09a	7.83 ± 0.05b
烯效唑 999	5000	56.1 ± 0.47c	6.6 ± 0.04a	15.5 ± 0.09a	7.82 ± 0.09b
空白对照	—	56.1 ± 0.94c	6.6 ± 0.10a	15.5 ± 0.14a	7.69 ± 0.21b

5. 结论与讨论

本试验以0.01% 28-高芸苔素内酯与不同比例的烯效唑为复配制剂,研究对水稻的抗倒伏能力、产量和品质的影响。试验结果表明:在水稻分蘖末期喷施0.01% 28-高芸苔素内酯与4.99%烯效唑的复配制剂,在稀释倍数为2500倍时,不仅能增加茎秆茎壁厚度和倒三节抗折力,提高水稻的抗倒伏能力,还能增加水稻产量,提高水稻的粗蛋白含量,从而改善水稻的品质。此外,试验中未发现供试药剂对水稻有药害

及其他不利影响,同时,未发现对周边环境和试验区域内其他生物有不利影响。因此,0.01% 28-高芸苔素内酯与4.99%烯效唑的复配制剂可用于水稻生产中。

目前,对水稻增产途径的研究主要集中在品种选育[8]、耕作方式[9]和田间管理[10]等方面。而通过人工调控,特别是利用植物生长调节剂对水稻进行营养调节和生理调控,减弱或消除不利因子对水稻产量和品质的影响,是目前较有效的途径[11]。例如,叶面喷施一定浓度的赤霉素、芸苔素内酯不仅能提高水稻叶片的保护酶活性,同时还能提高水稻产量[12]。烯效唑是一种高活性的植物生长调节剂,之前对烯效唑在水稻上的研究应用一般是浸种为主要方式,而本试验采用对水稻叶片喷施,其结果与浸种有着相似的效果:降低水稻株高、增强其抗倒伏能力,这与张永清等[13]的研究结果一致。28-高芸苔素内酯提高水稻产量的机理在于促进细胞分裂和细胞伸长的双重作用,又能提高叶片叶绿素的含量,增强水稻叶片的光合作用[14],增加抽穗后期光合同化产物的积累,既增加“源”又增加“库”。因此,有明显促进作物营养生长的效应,从而提高作物的产量。

本试验未研究探讨关于0.01% 28-高芸苔素内酯与不同比例的烯效唑之间的联合作用是相加作用或拮抗作用,这有待于进一步试验研究,并采取多品种、多年方式进行。

基金项目

江西省科技支撑项目(20181BBF60007)。

参考文献

- [1] 陈秀,方朝阳.植物生长调节剂芸苔素内酯在农业上的应用现状及前景[J].世界农药,2015,37(2):34-36+42.
- [2] Koda, C.V., Cerny, R.E., Gardner, R.E., et al. (2003) A Putative Role for the Tomato Genes DUMPY and CURL-3 in Brassinosteroid Biosynthesis and Response. *Plant Physiology*, **122**, 85-98. <https://doi.org/10.1104/pp.122.1.85>
- [3] 王洪凤,耿全政,孔波,等.芸苔素内酯和ZNC免疫诱抗剂研究进展[J].现代农业科技,2020(19):127-130.
- [4] Koornneef, M. and Jorna, M.L. (1992) The Isolation of Abscisic Acid(ABA)-Deficient Mutants by Selection of Induced Revertants in Non-Germinating Ibbereillin Sensitive Lines of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Theoretical and Applied Genetics*, **61**, 385-393. <https://doi.org/10.1007/BF00272861>
- [5] 孙淑琴,杨秀荣,李月娇.0.0075% 28-高芸苔素内酯可溶液剂在水稻上的应用效果研究[J].现代农业科技,2021(13):108-109,114.
- [6] 周永进,许有尊,王斌,等.烯效唑对不同落谷密度机插水稻秧苗素质及产量的影响[J].南京农业大学学报,2014,37(5):19-26.
- [7] 翁晓燕,蒋德安,陆庆,等.表油菜素内酯对水稻产量和光合特性的影响[J].浙江农业大学学报,1995(2):51-54.
- [8] 李莉,张锡洲,李廷轩,等.不同产量类型水稻基因型干物质积累与磷素吸收利用[J].植物营养与肥料学报,2014(3):588-597.
- [9] 谷子寒,王元元,帅泽宇,等.土壤耕作方式对水稻产量形成特性的影响初探[J].作物研究,2017,31(2):103-109.
- [10] 张艳超,任艳芳,林肖,等.不同灌溉方式对镉污染下水稻生长和产量的影响[J].江苏农业科学,2017,45(2):51-54.
- [11] 陈峰,吴玮,王俊,等.3种植物生长调节剂对水稻产量和品质的影响[J].福建农业学报,2016,31(1):12-15.
- [12] 闻祥成,田华,潘圣刚,等.叶面喷施植物生长调节剂对水稻产量及叶片保护酶活性的影响[J].西南农业学报,2015,28(2):550-555.
- [13] 张永清,裴红宾,刘良全,等.烯效唑浸种对谷子植株生长发育的效应[J].作物学报,2009,35(11):2127-2132.
- [14] Xia, X.J., Huang, L.F., Zhou, Y.H., et al. (2009) Brassinosteroids Promote Photosynthesis and Growth by Enhancing Activation of Rubisco and Expression of Photosynthetic Genes in *Cucumis Sativus*. *Planta*, **230**, 1185-1196. <https://doi.org/10.1007/s00425-009-1016-1>