

◆ 药效与应用 ◆

# 芸苔素甾醇复配磷酸二氢钾对耐盐碱水稻 产量影响的研究

宋伟丰<sup>1,2</sup>, 韦庆慧<sup>1,2</sup>, 刘凯<sup>1,3</sup>, 来永才<sup>1,3\*</sup>

(1. 国家耐盐碱水稻技术创新中心东北分中心, 哈尔滨 150086; 2. 黑龙江省农业科学院植物保护研究所, 哈尔滨 150086; 3. 黑龙江省农业科学院, 哈尔滨 150086)

**摘要:**我国盐碱地面积广阔, 开发利用盐碱地可以提高粮食产量和改善生态环境, 具有直接的生态效益和经济效益。目前, 盐碱地水稻可种植面积有限, 而且单产非常低。因此, 培育耐盐碱水稻品种并提高耐盐碱水稻单产, 对于粮食增产和盐碱地利用具有重要意义。本试验在耐盐碱水稻灌浆期喷施芸苔素甾醇与磷酸二氢钾和有机硅复配, 研究植物生长调节剂对耐盐碱水稻产量的影响。结果表明, 0.01%芸苔素甾醇和磷酸二氢钾复配能够提高耐盐碱水稻的穗粒数、实粒数, 并显著提高千粒重, 其中千粒重增长率最高可达12.32%, 提高了耐盐碱水稻的饱满度。该研究结果能够为耐盐碱水稻种植提供理论依据。

**关键词:**芸苔素甾醇; 磷酸二氢钾; 耐盐碱水稻; 实粒数; 千粒重

中图分类号: TQ 452 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2022.02.012

## Study on the Effect of the Mixture of Brassinoszteroid and Potassium Dihydnge Phosphate on Saline-Tolerant Rice Yield

SONG Weifeng<sup>1,2</sup>, WEI Qinghui<sup>1,2</sup>, LIU Kai<sup>1,3</sup>, LAI Yongcai<sup>1,3\*</sup>

(1. Northeast Branch of National Saline-Alkali Tolerant Rice Technology Innovation Center, Harbin 150086, China; 2. Institute of Plant Protection, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** There is a vast area of saline-alkali land in China. The development and utilization of saline-alkali land can increase grain yield and improve ecological environment, which has direct ecological and economic benefits. At present, the planting areas of saline-alkali land rice are limited and the yield per unit area is very low. Therefore, it is of great significance to cultivate saline-alkali tolerant rice, improve the yield per unit area of saline-alkali land rice and increase grain yield and saline-alkali land utilization. In this study, the mixture of brassinosteroid and potassium dihydrogen phosphate, organosilicone were sprayed during the filling period of saline-alkali tolerant rice to investigate the effect of plant growth regulator on the yield of saline-alkali tolerant rice. The results showed that the combination of 0.01% brassinosteroid and potassium dihydrogen phosphate could improve the grain number per panicle, total filled grains and 1 000-grain weight of saline-tolerant rice. The maximum value of the increase rate of 1 000-grain weight could reach up to 12.32%, which improved the plumpness of saline-tolerant rice. The results of this study could provide theoretical basis for saline-tolerant rice cultivation.

**Key words:** brassinoszteroid; potassium dihydrogen phosphate; salt-tolerant rice; total filled grains; 1 000-grain weight

收稿日期: 2021-07-27

基金项目: 黑龙江省省属科研院所科研业务费项目 (CZKYF2020A001)

作者简介: 宋伟丰 (1982—), 男, 黑龙江甘南人, 博士, 副研究员, 主要从事农药学研究。E-mail: songweifeng2000@163.com

通信作者: 来永才 (1964—), 男, 黑龙江铁力人, 博士, 研究员, 主要从事耕作栽培研究。E-mail: yame045@163.com

水稻(*Oryza sativa* L.)是世界上最重要的禾谷类粮食作物之一,为全球近一半人口提供主要粮食来源,控制着世界温饱。我国人口基数大,人口增长与粮食生产滞缓之间的矛盾越来越严重,如何改良水稻品种,进而提高产量,成为现代农业研究工作中急需解决的关键问题之一<sup>[1]</sup>。

植物在盐碱胁迫条件下,叶片叶绿素含量会明显降低,导致气孔关闭,阻断光合电子传递链,降低植物光合速率,抑制光合作用<sup>[2-8]</sup>。我国盐碱地面积达0.667亿hm<sup>2</sup>以上,在耕地资源日益趋紧的形势下,利用好广阔的盐碱地,培育并推广耐盐碱水稻意义重大<sup>[9-11]</sup>。

植物生长调节剂芸苔素甾醇在农业应用中具有巨大潜力,既可以提高作物对逆境的抵抗力,又能够促进作物的生长,大幅度促进作物产量提升以及品质改善,是实现现今农业超产增收目标的关键途径<sup>[12-16]</sup>。本文研究了芸苔素甾醇对盐碱地水稻生长的影响,为提高耐盐碱水稻产量,提升盐碱土地利用效率和改善生态环境提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试药剂。0.01%芸苔素甾醇、98%磷酸二氢钾,威海韩氏耕源农业发展有限公司。

供试材料。水稻品种为‘通系926’,种植于肇源县国家耐盐碱水稻技术创新中心东北分中心中试及示范基地。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 植物生长调节剂的喷施

试验采用4个配方进行处理,并设清水作为对照,具体配方见表1。将植物生长调节剂加入塑料容器中,少量水将其溶解后倒入电动喷雾器中,加水至所需喷液量。在耐盐碱水稻灌浆期,均匀将药液喷施于植物表面。

表1 植物生长调节剂的配方及用量

处理	药剂配方及剂量
1	0.01%芸苔素甾醇449.78 mL/hm <sup>2</sup> +200 g/L有机硅299.85 mL/hm <sup>2</sup>
2	0.01%芸苔素甾醇449.78 mL/hm <sup>2</sup> +98%磷酸二氢钾449.78 g/hm <sup>2</sup>
3	0.01%芸苔素甾醇599.70 mL/hm <sup>2</sup> +200 g/L有机硅449.78 mL/hm <sup>2</sup>
4	0.01%芸苔素甾醇599.70 mL/hm <sup>2</sup> +98%磷酸二氢钾599.70 g/hm <sup>2</sup>
对照	清水

#### 1.2.2 样品的采集及各项指标的测定

于收获时,每个小区选定1 m<sup>2</sup>,测定耐盐碱水稻的穗粒数、实粒数和千粒重,评价植物生长调节剂对耐盐碱水稻产量各项指标的影响。

### 1.3 数据处理

采用OriginPro 9.1软件进行数据统计与分析。增长率按式(1)计算。

$$\text{增长率}/\% = \frac{\text{药剂处理后产量} - \text{对照产量}}{\text{对照产量}} \times 100 \quad (1)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 植物生长调节剂对耐盐碱水稻穗粒数的影响

采用植物生长调节剂处理后,收获时小区采点测定耐盐碱水稻的穗粒数,结果如表2所示。从表中可以看出,喷施植物生长调节剂后,耐盐碱水稻的穗粒数有所增长,0.01%芸苔素甾醇599.70 mL/hm<sup>2</sup>+200 g/L有机硅449.78 mL/hm<sup>2</sup>和0.01%芸苔素甾醇599.70 mL/hm<sup>2</sup>+98%磷酸二氢钾599.70 g/hm<sup>2</sup>的增幅比较大,后者更高,增幅可达4.13%,平均穗粒数达114.29粒,说明芸苔素甾醇和磷酸二氢钾复配能够促进穗粒数的增长。

表2 不同处理下的耐盐碱水稻穗粒数

处理	I/粒	II/粒	III/粒	平均值/粒	增长率/%
1	100.33	121.30	109.70	110.44 aA	0.63 aA
2	112.07	108.03	115.60	111.90 aA	1.95 bA
3	119.07	107.50	113.87	113.48 aA	3.39 abA
4	107.57	112.77	122.53	114.29 aA	4.13 abA
对照	117.40	106.10	105.77	109.76 aA	

注:不同的大小写字母表示处理间差异显著性( $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ )。I、II、III分别表示3次测定结果。下表同。

### 2.2 植物生长调节剂对耐盐碱水稻实粒数的影响

喷施植物生长调节剂后,收获时小区采点测定耐盐碱水稻的实粒数,结果如表3所示。芸苔素甾醇和磷酸二氢钾能够提高耐盐碱水稻的实粒数,0.01%芸苔素甾醇599.70 mL/hm<sup>2</sup>+98%磷酸二氢钾599.70 g/hm<sup>2</sup>的增长率最高,可达到3.29%,平均实粒数达110.18粒;其次为0.01%芸苔素甾醇449.78 mL/hm<sup>2</sup>+98%磷酸二氢钾449.78 mL/hm<sup>2</sup>,为109.43粒。说明芸苔素甾醇和磷酸二氢钾复配,可以促进

水稻结实灌浆,提高水稻成熟度。

表 3 植物生长调节剂对耐盐碱水稻实粒数的影响

处理	I/粒	II/粒	III/粒	平均值/粒	增长率/%
1	106.83	107.13	106.73	106.90 bA	0.21 bA
2	108.50	108.10	109.43	109.43 aB	1.89 aB
3	113.53	100.83	109.20	107.18 aB	1.11 aB
4	103.80	108.00	118.73	110.18 aB	3.29 aB
对照	114.23	102.40	103.37	106.67 aAB	

### 2.3 植物生长调节剂对耐盐碱水稻千粒重的影响

应用植物生长调节剂处理后,收获时小区采点测定耐盐碱水稻的千粒重,结果如表4所示。从表4可以看出,灌浆期喷施植物生长调节剂后,处理组耐盐碱水稻的千粒重均高于对照,0.01%芸苔素甾醇599.70 mL/hm<sup>2</sup>+98%磷酸二氢钾599.70 g/hm<sup>2</sup>的增长率最高,可达12.32%,平均千粒重可达17.72 g。同时,芸苔素甾醇与磷酸二氢钾另一组处理的千粒重也明显高于对照,说明芸苔素甾醇与磷酸二氢钾能够促进水稻灌浆,可显著增强水稻饱满度,显著提高千粒重。

表 4 植物生长调节剂对耐盐碱水稻千粒重的影响

处理	I/g	II/g	III/g	平均值/g	增长率/%
1	16.21	16.77	15.79	16.26 AaB	3.03 AaB
2	17.05	17.18	17.12	17.12 ACb	8.47 ACb
3	17.31	18.16	17.11	17.53 Cb	11.07 Cb
4	17.80	17.92	17.45	17.72 Cb	12.32 Cb
对照	15.46	16.12	15.76	15.78 Ba	

## 3 结论与讨论

外源芸苔素甾醇可以提高植株中叶绿素的含量,从而增强光合作用<sup>[17]</sup>,提升座果率与结实率,作物增产增收。褚世海等<sup>[18]</sup>研究发现,0.01%芸苔素内酯水剂可显著提高水稻实粒数、结实率和千粒重,从而显著提高水稻产量;李颖等<sup>[19]</sup>研究发现,芸苔素可使水稻增产10%~30%;王修慧等<sup>[20]</sup>发现增产效果以0.01%芸苔素内酯300 mL/hm<sup>2</sup>在水稻分蘖期,破口初期,齐穗期各喷施1次为最佳,增产率达9.65%~16.56%;喻凌治等<sup>[21]</sup>研究发现,0.01%芸苔素内酯能显著促进水稻生长,较常规施药一般增产5%~8%。本研究发现,0.01%芸苔素甾醇和磷酸二氢钾复配能够提高耐盐碱水稻的穗粒数、实粒数,并显著提高千粒重,其中千粒重增长率最高可达12.32%,提高了耐盐碱水稻谷粒的饱满度,在提高作物产量方面与前人研究结果一致,甚至更佳。

盐碱胁迫环境中,植物受到不良刺激产生大量毒性自由基,导致自由基代谢紊乱,加剧膜脂过氧化反应,蛋白质降解,DNA链被破坏,最终阻碍植物生长发育<sup>[22]</sup>。外源芸苔素能够诱导作物产生抗盐碱性<sup>[21]</sup>,提高产量。吴雪霞等<sup>[23]</sup>研究发现,芸苔素能显著促进盐胁迫下茄子的种子萌发和幼苗生长,显著减轻叶片氧化损伤,增强茄子的耐盐性。赵恺<sup>[24]</sup>研究发现,芸苔素具有恢复不同盐胁迫下辣椒种子萌发力,提高发芽率和发芽势,恢复辣椒幼苗茎质量作用,促进幼苗生长。黄逸心<sup>[25]</sup>于宁夏淡灰钙土区域开展甘薯叶面喷撒天然芸苔素的试验中发现,芸苔素能够促进细胞分裂与伸长,提高叶面积与叶绿素水平,并对叶片生长与后期有效积累光合产物有利,提高甘薯产量。

磷酸二氢钾能够促进氮磷吸收,增强光合作用,通过叶绿素的增加能全方位的增强水稻机能,提高作物抗逆能力,提升果实质量品质,促使根系生长,加速花芽分化<sup>[26-28]</sup>,从而促进干物质积累,提高千粒重。

人民生活水平日益提升,更高品质的作物需求量也越来越大。本研究发现,芸苔素甾醇与磷酸二氢钾复配明显提高作物产量,更有效地促进耐盐碱水稻抗逆,为耐盐碱水稻种植提供理论依据。

### 参考文献

- [1] 隆艳喜,唐琦璠,吴楠,等. 水稻耐盐调节机制的研究进展[J]. 分子植物育种, 2018, 16(7): 2364-2370.
- [2] 王月海,姜福成,佘庆柱,等. 黄河三角洲盐碱地造林绿化关键技术[J]. 水土保持通报, 2015, 35(3): 203-206; 213.
- [3] 祝一文,赵方贵,成云峰,等. ‘海稻86’耐盐碱胁迫生理机制的初步研究[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2018, 35(1): 32-39.
- [4] 杨福,梁正伟,王志春. 水稻耐盐碱鉴定标准评价及建议与展望[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 625-628; 633.
- [5] LU C, JIAN Z, PAN X B, et al. Advanced backcross QTL analysis for the whole plant growth duration salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014,13(8):1609-1620.
- [6] SINGH V, SINGH A P, BHADORIA J, et al. Differential expression of salt-responsive genes to salinity stress in salt-stage[J]. Protoplasma, 2018, 255(6): 1667-1681.
- [7] BABU N N, KRISHNAN S G, VINOD K K, et al. Marker aided incorporation of saltol, a major QTL associated with seedling stage salt tolerance, into *Oryza sativa* 'Pusa Basmati 1121'[J]. Frontiers in Plant Science, 2017,8(41): 1-14.
- [8] LI H, VAILLANCOURT R, MENDHAM N, et al. Comparative

(下转第 72 页)

的防效更好。供试药剂对玉米田的总草株防效为 89.50%~97.06%，总草鲜重防效为 93.32%~98.64%，且杀草谱广，对玉米生长安全。从药后 20、30 d 的杂草株防效和鲜重防效来看，3 次结果具有较好的一致性，因此建议应用剂量以 4 872.56~5 997.00 g/hm<sup>2</sup> 比较适宜，施药时期选择玉米播后苗前喷雾处理。

混配药剂相对于单剂，杀草谱扩大，降低了农药用量，对农药减量使用和农业可持续发展有积极作用。对于莠去津这类成本较低，使用方便，效果较好的产品，可通过混用和改进施药技术等措施，扬长避短，在未来一段时期内，使其仍在玉米田杂草防控上发挥重要作用。

## 参考文献

(上接第 64 页)

- mapping of quantitative trait loci associated with waterlogging tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.)[J]. BMC Genomics, 2008, 9(401): 1-12.
- [9] 董起广, 何振嘉, 高红贝, 等. 沿黄地区盐碱地种植水稻土壤理化性质的比较[J]. 植物资源与环境学报, 2017, 26(2): 110-112.
- [10] 李彬, 王志春, 孙志高, 等. 中国盐碱地资源与可持续利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 154-158.
- [11] 方先文, 汤陵华, 王艳平. 耐盐水稻种质资源的筛选[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 295-298.
- [12] 张婷婷, 杨美英, 王春红, 等. 盐碱胁迫下不同水稻品种渗透调节物质及相关基因的变化[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(4): 39-47.
- [13] 曹云英, 赵华. 高温胁迫下油菜素内酯对水稻幼苗的保护作用[J]. 中国水稻科学, 2007(5): 525-529.
- [14] 张永平, 杨少军, 陈幼源. 2,4-表油菜素内酯对高温胁迫下甜瓜幼苗抗氧化酶活性和光合作用的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(7): 1347-1354.
- [15] 耶兴元, 全胜利, 张燕. 油菜素内酯对高温胁迫下猕猴桃苗耐热性相关生理指标的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 15(9): 113-116.
- [16] 李翠花, 邹华文. 不同植物生长物质处理对玉米幼苗生理指标的影响[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(9): 65-66.
- [17] 蔡华, 赵荣. 不同生育期喷施油菜素内酯对番茄产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2000, 28(3): 355-356.

- [1] 苏少泉. 我国东北地区玉米田除草剂使用现状、问题及若干新品种[J]. 农药, 2010, 49(12): 859-861.
- [2] 陈国平, 赵久然, 张经武, 等. 春玉米创最高产纪录栽培技术的研究[J]. 玉米科学, 1995, 3(3): 26-30.
- [3] 黄春艳, 王宇, 黄元炬, 等. 不同耕作模式对玉米田杂草发生规律的影响[J]. 玉米科学, 2010, 18(4): 103-107; 111.
- [4] 强胜. 杂草科学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [5] 刘仲辉. 玉米田化学除草现状及发展趋势[J]. 现代农业科学, 2010(16): 194-195.
- [6] 杜丽娟. 玉米田化学除草的药害及方法[J]. 农业科技通讯, 2015(6): 227-230.
- [7] 严秋旭. 莠去津发展动向与应对策略[J]. 农药, 2015, 54(12): 933-936.

(责任编辑: 金兰)

- [18] 褚世海, 李林, 朱文达. 0.01%芸苔素内酯水剂对水稻生长、产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(24): 6445-6448.
- [19] 李颖, 康恕, 李丽, 等. 0.1%芸苔素内酯可溶性粉剂在水稻上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2013(3): 167;170.
- [20] 王修慧, 舒畅, 李浩元, 等. 0.01%芸苔素内酯可溶液剂促进水稻增产及抗御寒露风的效果[J]. 江西农业学报, 2014, 26(5): 3.
- [21] 喻凌治, 秦长华, 谭正光, 等. 芸苔素内酯对水稻减药控害及增产效果初探[J]. 农业工程技术, 2016, 36(23): 12; 16.
- [22] 束红梅, 郭书巧, 倪万潮. 转油菜素内酯合成基因 *DET2* 烟草对 NaCl 胁迫的反应[J]. 生物技术通报, 2011(12): 113-116.
- [23] 吴雪霞, 查丁石, 朱宗文, 等. 外源 24-表油菜素内酯对盐胁迫下茄子种子萌发和幼苗生理特性的影响[J]. 植物生理学报, 2011, 47(6): 82-87.
- [24] 赵恺. 油菜素内酯对不同类型盐胁迫下辣椒种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国果菜, 2020, 40(4): 56-60; 36.
- [25] 黄逸心. 甘薯叶面喷施天然芸苔素的效果试验[J]. 植物医生, 2018, 31(12): 62.
- [26] 邵世平, 于家鑫, 王晓丹. 磷酸二氢钾在水稻上的应用效果研究[J]. 现代农业科技, 2014(4): 226.
- [27] 梁子龙. 叶面喷施磷钾对小麦籽粒灌浆及生理过程的影响[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.
- [28] 尚庆茂, 宋士清, 张志刚, 等. 外源诱导黄瓜幼苗的抗盐性[J]. 中国农业科学, 2006, 39(9): 1872-1877.

(责任编辑: 金兰)

欢迎订阅《现代农药》(双月刊) 定价: 120 元/年

编辑部电话: 025-86581148 传真: 025-86581147 联系人: 靳红华