

叶面喷施亚硒酸钠对再生稻产量及品质的影响

段门俊¹ 田玉聪¹ 吴芸紫¹ 金涛^{1,*} 陈阜^{1,2} 刘章勇¹

(¹长江大学 湿地生态与农业利用教育部工程研究中心, 湖北 荆州 434025; ²中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100193)

Effect of Foliar Application of Na₂SeO₃ on the Yield and Quality of Ratooning Rice

DUAN Menjun¹, TIAN Yucong¹, WU Yunzi¹, JIN Tao^{1,*}, CHEN Fu^{1,2}, LIU Zhangyong¹

(¹ Engineering Research Center of Ecology and Agricultural Use of Wetland, Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou 434025, China; ² College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: 【Objective】 The objective of this study is to reveal the effects of foliar application of selenium on the yield and quality of ratooning rice, which will lay a theoretical basis for high quality and high yield cultivation of ratooning rice.

【Method】 The experiment was carried out at Shakou Town, Honghu City, Hubei Province in 2016 with Fengliangyouxiang1 as the experimental material and Na₂SeO₃ as selenium source. Foliar spray of Na₂SeO₃ was conducted in the initial heading stage, full heading stage, and initial heading date+full heading date at 0g/hm², 5.625g/hm², and 11.250g/hm². **【Result】** The foliar application of Na₂SeO₃ increased the yield of ratooning rice with no significant difference between the control and the treatment with Na₂SeO₃ spraying in initial heading stage. Na₂SeO₃ spray during the full heading date at 5.625g/hm² and 11.250g/hm² increased the rationing rice yield by 2.59% and 5.50%, respectively, foliar spraying of 5.625g/hm² and 11.250g/hm² Na₂SeO₃ during initial heading date and full heading date increased the yield by 4.83% and 7.08%, respectively. The suitable dosage was 11.250g/hm² for initial heading date and heading date, with the highest yield of 5533.33kg/hm². The foliar application of Na₂SeO₃ increased yield by increasing grain number, filled grain number and seed setting rate. The foliar application of Na₂SeO₃ can improve the quality of ratooning rice. The suitable dosage was 11.250g/hm² for full heading date. The spraying of selenium fertilizer improved quality by increasing whole polished rice rate, and reduced the chalky grain rate. At the full heading date, under foliar spraying of 11.250g/hm² Na₂SeO₃ the whole polished rice rate was the highest(61.37%) and the chalky grain rate was the lowest (9.37%). **【Conclusion】** The results showed that the application of Na₂SeO₃ could improve the yield and quality of ratooning rice. The yield of ratooning rice peaked during initial heading date and full heading date at 11.250g/hm² Na₂SeO₃; ratooning rice had the best quality at 11.250g/hm² Na₂SeO₃ in the full heading date.

Key words: ratooning rice; selenium; foliar application; yield; quality

摘 要: 【目的】 以叶面喷施的形式研究硒对再生稻产量及品质的影响, 旨在为再生稻优质、高产栽培技术提供依据。**【方法】** 试验于 2016 年在湖北省洪湖市沙口镇进行, 以丰两优香 1 号为试验材料, Na₂SeO₃ 为供硒源; 设置 0、5.625 和 11.250 g/hm² 三个硒肥施用量, 始穗期、齐穗期和始+齐穗期三个施硒时期进行叶面喷施。**【结果】** 叶面喷施 Na₂SeO₃ 的处理再生稻产量均高于对照组, 始穗期喷施 Na₂SeO₃ 处理的再生稻产量与对照相比虽然有提升但并不显著; 齐穗期施用 5.625 g/hm²、11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 处理分别增产 2.59%和 5.50%, 始穗期+齐穗期施用 5.625 g/hm²、11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 处理分别增产 4.83%和 7.08%; 始穗期与齐穗期均喷施 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 处理产量最高, 为 5533 kg/hm², 叶面施用 Na₂SeO₃ 能增加再生稻每穗粒数、实粒数和结实率。齐穗期施用 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 的再生稻稻米整精米率最高, 且显著高于对照组, 最高值为 61.37%; 齐穗期施用 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 的再生稻稻米垩白粒率最低, 且显著低对照组, 最低值为 9.37%。**【结论】** 研究表明, 施用 Na₂SeO₃ 能提升再生稻产量, 改善再生稻米品质, 提升再生稻整精米率, 降低垩白率。始穗期与齐穗期均喷施 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 再生稻产量达到最高; 齐穗期施用 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 再生稻品质最优。

关键字: 再生稻; 硒; 叶面喷施; 产量; 品质

中图分类号: S143.7⁺1; S511.06

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2018)01-0096-07

收稿日期: 2017-07-03; 修改稿收到日期: 2017-08-06。

基金项目: 国家“十三五”粮食丰产增效科技创新专项(2016YFD0300208)。

再生稻是水稻头季收割后，残留的水稻稻茬经合适的水肥管理，其休眠芽萌发、生长成穗而收获的一季水稻^[1,2]。再生稻生育期短，日产量高，有省种省力、节约用水、调节劳动力、生产成本低、经济效益高等优点^[3-6]。再生稻的种植区域十分广泛，在世界大部分地区均有种植，主要集中在东南亚地区，在我国有非常悠久的种植历史，早在西晋时期郭义恭的《广志》中就有记载^[7]。由于缺乏优良的再生稻品种和高产栽培管理技术，再生稻的推广受到了很大的阻碍。随着我国农业的高速发展，再生稻这种土地高效多熟的复种方式，在保证我国粮食安全上发挥着越来越重要的作用^[8]。目前杂交稻作再生稻在福建、湖北、江西、湖南、广东等地均有种植，产量大幅增加^[9]。当前，湖北省的再生稻推广面积正在不断扩大，再生稻在湖北省的黄冈、荆州、咸宁、荆门和孝感等地均有种植^[10]。但相对于头季稻或中稻，再生季的产量提升潜力还很大；且再生季稻有一定的加工缺陷，具体表现为加工过程中米粒易碎、易断，整精米率偏低。

硒参与了水稻生理代谢，具有提升水稻产量、改善稻米品质、增加抗逆性等生理生化作用^[11]。叶面喷施硒肥(Na_2SeO_3)的最佳用量为 11.250 g/hm^2 ，此用量下，水稻产量可提升为原来的 118% ^[12]。施用硒肥(Na_2SeO_3)能增加水稻产量，且随着硒用量的增加产量增加，表明叶面喷施硒肥可在一定程度上提高水稻产量；当喷施浓度为 8.0 mg/kg 时，增产的效果最好，达到了 16.78% ^[13]。叶面施用 Na_2SeO_3 能改善稻米品质，主要体现在整精米率的增加和垩白率的减少；一定范围内施用量增加可以显著地提高水稻的整精米率，显著地减少大米的垩白率^[14]。朱文东等^[15]认为硒肥可以有效提高稻米品质，不同时期喷施适量有机肥使稻米的营养品质、外观品质、蒸煮品质都有一定的提高，且在齐穗期喷施效果最

佳。大量研究表明，硒肥的合理施用可以不同程度提高稻米的胶稠度和精米率，同时可以降低稻米的垩白粒率^[16-18]。增加水稻中的硒含量，还能提高我国人民饮食中硒的摄入量，改善人体健康水平^[19]。目前硒在再生稻栽培中的研究较少，本研究以叶面喷施的形式探究硒对再生稻产量及品质的影响，以期对再生稻优质、高产栽培提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在洪湖市沙口镇再生稻示范区进行，地跨东经 $113^\circ 07'$ — $114^\circ 05'$ ，北纬 $29^\circ 39'$ — $30^\circ 02'$ ，属于亚热带湿润季风气候，平均气温 16.6°C ，平均年日照 $1980\sim 2032 \text{ h}$ ，境内年均降雨日为 135.7d ，降雨量为 $1060.5\sim 1331.1\text{mm}$ ，是湖北省粮食重镇，洪湖沙口镇更是有全国再生稻第一镇之称。供试土壤基础理化性质如下：pH 为 7.65 ，有机质、全氮、速效磷、速效钾含量分别为 17.12 g/kg 、 1.19 g/kg 、 5.01mg/kg 和 90.57mg/kg 。

1.2 试验材料与方法

以丰两优香 1 号为试验材料，在洪湖市沙口镇示范区进行大田试验，通过设置不同施硒时期和硒(Na_2SeO_3)用量，研究叶面施硒对再生稻产量及品质的影响。参照魏丹等^[12]，设置 0 g/hm^2 、 5.625 g/hm^2 和 11.250 g/hm^2 三种硒肥(Na_2SeO_3)施用量，对水量为 1L (表 1)。

试验共 9 个处理，3 次重复，小区面积 15m^2 。头季稻育苗期为 30 d ，手工移栽，行株距 $26.5 \text{ cm}\times 16.5 \text{ cm}$ 。各处理施纯 N 288 kg/hm^2 ，按复合肥(氮磷钾含量为 $25:12:16$)用量为 600 kg/hm^2 分两次施用，其中，基肥 375 kg/hm^2 ，分蘖肥 225 kg/hm^2 ；尿素(N 含量 46%)用量为 300 kg/hm^2 ，作头季稻

表 1 叶面喷施 Na_2SeO_3 处理

Table 1. Foliar Na_2SeO_3 application treatment

处理 Treatment	叶面喷施时期 Foliar application date	Na_2SeO_3 施用量 Dosage of $\text{Na}_2\text{SeO}_3/(\text{g}\cdot\text{hm}^{-2})$
RSe ₁	始穗期 Initial heading date	5.625
RSe ₂	齐穗期 Full heading date	5.625
RSe ₃	始穗期 Initial heading date	11.250
RSe ₄	齐穗期 Full heading date	11.250
RSe ₅	始穗期+齐穗期 Initial heading date plus full heading date	5.625
RSe ₆	始穗期+齐穗期 Initial heading date plus full heading date	11.250
CK ₁	始穗期 Initial heading date	0
CK ₂	齐穗期 Full heading date	0
CK ₃	始穗期+齐穗期 Initial heading date plus heading date	0

穗肥、促芽肥和提苗肥3次施用,分别为75 kg/hm²、150 kg/hm²和75 kg/hm²;氯化钾(K₂O含量52%)用量为75 kg/hm²,作提苗肥一次性施用。头季稻采用人工收割方式,收割前10 d施促芽肥,收割后当天复水施提苗肥,其他措施均按照高产栽培要求进行管理。

1.3 指标测定

1.3.1 产量指标测定

再生稻成熟后,每小区随机选取3个点,每点取1 m²收割,用大型网袋装好,脱粒,晒干称重。

再生稻成熟后,每小区随机选取5株,分别用网袋装好晒干后,室内考种用。考查有效穗数、穗长、每穗粒数、千粒重和结实率。

1.3.2 稻米品质测定

取收割晒干后的再生稻稻米500g,置于尼龙网袋中,挂藏2~3个月,用谷物水分测定仪测定稻谷水分在12%~14%的稻谷备用。

取上述稻谷100g备用,用JDMZ100稻谷出米率检测仪测定加工品质。

从整精米中随机取200~300粒米,用MHY-12046稻米品质分析仪测定长宽比、透明度、垩白度和垩白粒率和不完整率。

1.4 数据处理与分析

相关数据使用Microsoft Excel 2007录入和整理,用SPSS 19.0数据分析软件进行统计分析,采用最小显著极差法(LSD)进行处理间显著性检验,显著水平设定为(P=0.05),用Pearson分析方法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 叶面喷施亚硒酸钠(Na₂SeO₃)对再生稻产量的影响

叶面施用Na₂SeO₃,能提高再生稻产量(图1)。始穗期分别施用5.625 g/hm²、11.250 g/hm²(RSe₁、RSe₃),均能提高水稻产量,但与对照CK₁相比差异均未达到显著水平。齐穗期施用11.250 g/hm² Na₂SeO₃(RSe₄)的再生稻产量与CK₂和施用5.625 g/hm² Na₂SeO₃(RSe₂)的再生稻产量有显著差异(P<0.05); RSe₂处理与CK₂相比,产量有所增加,但未达显著水平。始穗+齐穗期施用5.625 g/hm² Na₂SeO₃与齐穗期施用5.625 g/hm² Na₂SeO₃相比,产量显著增加。与对照CK₃相比,始穗+齐穗期分别施用5.625 g/hm²、11.250 g/hm² Na₂SeO₃再生稻产量显著增加,且两次施用11.250 g/hm² Na₂SeO₃产

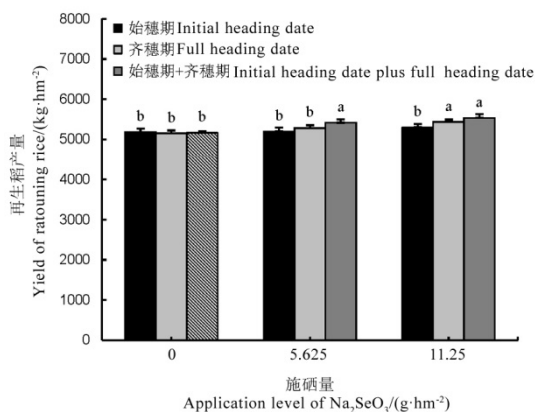


图1 Na₂SeO₃用量对再生稻产量的影响

Fig.1. Effects of foliar Na₂SeO₃ application on yield of ratooning rice.

量达最高。

不同时期叶面喷施Na₂SeO₃对再生稻产量的影响不同(图1)。与施用清水处理相比,始穗期施用5.625 g/hm²、11.250 g/hm² Na₂SeO₃处理分别增产0.37%和2.30%;齐穗期施用5.625 g/hm²、11.250 g/hm² Na₂SeO₃处理分别增产2.59%和5.50%;始穗期+齐穗期施用5.625 g/hm²、11.250 g/hm² Na₂SeO₃处理分别增产4.83%和7.08%,施用11.250 g/hm² Na₂SeO₃处理增产大于5.625 g/hm² Na₂SeO₃处理。所有施硒处理的再生稻产量均比对照处理高,且始穗期+齐穗期施用11.250 g/hm² Na₂SeO₃处理产量增加最明显。

2.2 叶面喷施亚硒酸钠(Na₂SeO₃)对再生稻产量构成因子的影响

施用时期和施用量对再生稻产量及产量构成因子影响不同,施用时期与施用量下的有效穗数、结实率、千粒重和产量之间不存在交互作用;而施用时期和施用量双因素下的每穗粒数和实粒数存在交互作用(表2),同一施用时期再生稻每穗粒数和实粒数随着施用量的增加而增加。

不同生育期叶面喷施不同浓度硒对再生稻有效穗数影响不显著,对每穗粒数、实粒数和结实率显著影响(表3)。RSe₆处理的再生稻每穗粒数和实粒数均最大,且显著高于其他处理,最大值分别为77.15粒/穗和66.62粒/穗。RSe₂和RSe₆处理的结实率显著高于其他处理,结实率分别为85.15%和86.33%,对照处理的结实率均低于施硒处理;不同处理下的再生稻千粒重范围为27.99~28.81 g。RSe₄、RSe₅和RSe₆处理的再生稻产量与对照处理再生稻产量差异显著,RSe₆处理的再生季产量最高,为

表 2 再生稻各产量构成因子双因素方差分析

Table 2. Variance analysis of double factor of yield factors in the ratooning rice.

因素 Factor	有效穗数 Effective panicle number	每穗粒数 Grain number per panicle	实粒数 Filled grain number	结实率 Seeding setting rate	千粒重 1000-grain weight	产量 Actual yield
时期 Date	0.918	0.012	0.001	0.157	0.928	0.070
施用量 Dosage	0.141	<0.001	<0.001	<0.001	0.027	0.002
时期×施用量 Date × Dosage	0.897	0.004	0.004	0.114	0.128	0.123

表 3 叶面喷施亚硒酸钠对再生稻产量及其构成因子的影响

Table 3. Effects of foliar application of Na₂SeO₃ on grain yield and its components of rationing rice.

处理 Treatment	有效穗数 Effective panicle number /(×10 ⁴ /hm ²)	每穗粒数 Grain number per panicle	实粒数 Filled grain number per panicle	结实率 Seeding setting rate/%	千粒重 1000-grain weight/g	实际产量 Actual yield /(kg·hm ⁻²)
RSe ₁	340.74±78.13 a	70.30±2.73 bc	57.64±2.67 bc	82.01±0.74 bc	28.61±0.52 ab	5200.00±69.67 b
RSe ₂	348.03±52.69 a	69.83±3.58 bc	59.43±1.15 bc	85.15±2.04 a	28.81±0.17 a	5283.33±65.67 b
RSe ₃	346.80±57.54 a	68.70±3.66 bc	58.07±1.90 bc	84.54±2.50 ab	28.16±0.45 ab	5300.00±38.33 b
RSe ₄	351.91±73.08 a	72.35±3.50 b	61.15±2.19 b	84.51±1.26 ab	28.31±0.25 ab	5433.33±76.56 a
RSe ₅	341.27±92.60 a	70.55±2.73 bc	59.70±2.16 bc	84.63±0.29 ab	28.53±0.47 ab	5416.67±58.67 a
RSe ₆	353.77±67.21 a	77.15±2.70 a	66.62±3.14 a	86.33±1.49 a	27.99±0.44 b	5533.33±91.33 a
CK ₁	343.44±79.01 a	68.41±2.71 bc	55.93±3.25 c	81.76±1.97 bc	28.26±0.51 ab	5180.66±82.56 b
CK ₂	341.33±81.02 a	67.88±3.85 bc	54.49±4.18 c	80.87±2.30 c	27.99±0.21 b	5150.00±91.33 b
CK ₃	338.89±90.52 a	67.38±2.15 bc	56.83±2.17 bc	81.33±2.17 c	28.68±0.61 ab	5167.33±79.67 b

同一列中，相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著（平均数±标准差，n=9，LSD）。

Values within the same column followed by the same letter indicate no significant difference at 0.05 level (Average±Standard deviation, n=9, LSD).

5533.33 kg/hm²。

2.3 再生稻产量与各产量构成因子之间的相关性分析

再生稻产量与产量构成因子间存在着一定相关性(表 4)。有效穗数、每穗粒数、实粒数以及结实率等产量构成因子都与产量在显著相关，其中穗粒数($P=0.002$)、实粒数($P=0.002$)以及结实率($P=0.001$)与产量存在极显著正相关，有效穗数($P=0.02$)与产量显著正相关；再生稻结实率与再生稻产量呈极显著正相关($P=0.001$)；再生稻产量随有效穗数、每穗粒数和结实率的增加而显著增加。

2.4 叶面喷施亚硒酸钠(Na₂SeO₃)对再生稻品质的影响

叶面施硒对再生稻各品种指标的影响不同(表 5)，RSe₁处理的糙米率最高，且显著高于对照处理，最高值为 80.48%；不同处理间的再生稻精米率无显著差异，精米率变化范围为 67.58~68.44%。RSe₁、RSe₂和 RSe₃处理的整精米率与对照相比无显著差异，RSe₄、RSe₅和 RSe₆处理的整精米率与对照相比有显著差异($P<0.05$)，其中 RSe₄处理的整精米率最高，为 61.37%。RSe₄处理的垩白粒率为 9.37%，且显著低于对照处理；不同处理间的垩白度和长宽比无显著差异。

3 讨论

3.1 叶面喷施 Na₂SeO₃对再生稻产量的影响

魏丹等^[12]研究表明，叶面喷施 Na₂SeO₃能提高水稻产量，叶面喷施硒肥(Na₂SeO₃)的最佳用量为 11.250g/hm²，此用量下，水稻产量可增加 18%。池忠志等研究表明，在不同时期对水稻叶面喷施硒肥对水稻产量和稻米硒含量有较大影响，结果表明在水稻叶面喷施硒肥可以显著提高产量：在二次枝梗原基分化期、齐穗后 6 d 和齐穗后 12 d 施硒肥的处理与不施硒肥的 CK 相比，分别增产 35.68 kg/667m²，49.98 kg/667m²和 44.16kg/ 667m²，增产效果比较明显，幅度均超过了 5%^[20]。本研究结果表明，施硒处理再生稻产量均高于对照处理，且在始穗期与齐穗期配施 11.250 g/hm² Na₂SeO₃，再生稻产量显著提高，产量增幅达 7.08%，这与前人的研究结果一致。

3.2 叶面喷施 Na₂SeO₃对再生稻产量构成因子的影响

叶面施硒主要通过影响再生稻的各产量构成因子来影响再生稻产量。滕世辉等研究表明叶面喷施 Na₂SeO₃对水稻有效穗数无显著影响^[18]。本研究

表 4 再生稻产量与各产量构成因子之间的相关性分析
Table 4. Correlation analysis of grain yield and its components in the rationing rice.

性状 Traits	再生稻产量 Yield of ratooning rice	
	显著水平 Significance level	相关性 Pearson for relation coefficient
有效穗数 Effective panicle number	0.020	0.749
穗粒数 Grain number	0.002	0.866
实粒数 Filled grain number	0.002	0.877
结实率 Seed setting rate	0.001	0.913
千粒重 1000-grain weight	0.152	-0.324

表 5 叶面喷施亚硒酸钠对再生稻品质的影响
Table 5. Effects of foliar Na₂SeO₃ application on the quality of ratooninging rice.

处理 Treatment	糙米率 Brown rice rate/%	精米率 Milled rice/%	整精米率 Head milled rice rate/%	垩白粒率 Chalky grain rate/%	垩白度 Chalkiness	长宽比 Length-width ratio
RSe1	80.48±0.43 a	68.44±1.78 a	58.47±0.21 b	11.15±0.65 a	2.90±0.50 a	2.70±0.01 a
RSe2	80.29±0.02 ab	67.92±0.24 a	59.61±0.42 ab	11.67±0.21 a	2.83±0.06 a	2.73±0.06 a
RSe3	79.80±0.47 bc	67.64±1.36 a	59.05±0.37 ab	10.10±0.39 ab	3.00±1.08 a	2.73±0.06 a
RSe4	79.89±0.22 bc	67.76±0.25 a	61.37±1.15 a	9.37±0.60 b	2.37±0.50 a	2.77±0.06 a
RSe5	80.44±0.07 a	68.24±0.75 a	60.83±1.01 a	10.37±0.83 ab	2.63±0.31 a	2.73±0.06 a
RSe6	80.02±0.44 abc	68.00±0.19 a	60.25±0.73 a	10.43±1.01 ab	2.57±0.32 a	2.73±0.06 a
CK1	79.69±0.11 c	67.63±0.22 a	58.59±0.18 b	11.16±0.11 a	2.67±0.51 a	2.70±0.02 a
CK2	79.71±0.09 c	67.58±0.13 a	58.47±0.59 b	11.22±0.73 a	2.64±0.67 a	2.71±0.02 a
CK3	79.65±0.12 c	67.63±0.11 a	58.61±0.38 b	11.15±0.25 a	2.70±0.21 a	2.70±0.02 a

同一列中相同字母表示在 0.05 水平上差异不显著（平均数±标准差，n=9，LSD）。
Values with in the same column followed by the same letter indicate no significant difference at 0.05 level（Average±Standard deviation，n=9，LSD）.

表明，各施硒处理与对照处理间的再生稻有效穗数无显著差异，且各施硒处理间的再生稻有效穗数也无显著差异，表明叶面施用 Na₂SeO₃ 对再生稻有效穗数没有显著影响。叶面施用 Na₂SeO₃ 后再生稻每穗粒数和实粒数与对照处理相比有所增加，始穗期与齐穗期配施 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 处理的再生稻每穗粒数和实粒数最高，且显著高于对照处理；叶面施用 Na₂SeO₃ 通过增加再生稻每穗粒数和实粒数达到增产，这与杨益花等^[21]的研究结果一致。此外，谭周磁等^[22]认为硒能提高水稻幼苗质量，提高水稻的结实率，促进光合产物向籽粒运转；戴金鹏等^[23]研究也表明，叶面喷施 Na₂SeO₃ 能显著提高水稻结实率达到增产目的，这也与本研究结果一致。

3.3 叶面喷施 Na₂SeO₃ 对再生稻品质的影响

叶面施硒能改善再生稻稻米品质，其主要通过提升再生稻整精米率，以及降低垩白粒率等途径提高再生稻米质。在齐穗期叶面喷施 11.250 g/hm² Na₂SeO₃，稻米整精米率最高，垩白粒率及垩白度最低。虎芳芳等研究表明，施用硒肥能提高水稻糙米率，水稻整精米率、精米率也均有提高，这与本研究结果基本一致^[24]。同时，本研究还发现施用硒肥水稻垩白粒率及垩白度都有降低，而稻米粒型没

有明显变化，这与吕文恺等^[25]研究结果基本一致。硒肥的合理施用可以降低稻米的垩白粒率，同时可以不同程度提高稻米的胶稠度和精米率^[16-18]。朱文东^[15]通过对水稻叶面喷施有机硒肥发现，不同时期喷施适量有机硒肥使稻米的营养品质、外观品质、蒸煮品质都有一定的提——且在齐穗期喷施效果最佳。张雪林等^[26]认为在齐穗期施肥对水稻品质改良作用最好。这与本研究结论基本一致。

4 结论

施用 Na₂SeO₃ 能提升再生稻产量，改善再生稻米品质，提升再生稻整精米率，降低垩白率。始穗期与齐穗期均喷施 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 再生稻产量达到最高；齐穗期施用 11.250 g/hm² Na₂SeO₃ 再生稻品质最优。本研究对再生稻不同时期不同硒肥施用量对再生稻产量及品质的影响，结果与硒对常规水稻产量与品质影响基本一致。但硒对不同品种再生稻产量与品质的影响，以及硒对再生稻产量、产量构成因子及品质的影响效应及机理，还有待进一步的深入研究。

参考文献:

- [1] 吴芸紫, 段门俊, 刘章勇, 陈阜, 金涛. 播种期对 3 个再生稻品种产量及产量构成因子的影响. 作物杂志, 2017(2): 151-156.(in Chinese)
Wu Y Z, Duan M J, Liu Z Y, Chen Jin T. Effects of sowing date on yield and yield components of three varieties of ratooning rice. *Crops*, 2017(2): 151-156.
- [2] Dong H L, Chen Q, Wang W Q, Peng S B, Huang J L, Cui K H, Nie L X. The growth and yield of a wet-seeded rice-ratoon rice system in central. *Field Crops Res*, 2017, 208: 56-59.
- [3] Zhou X G. Rice main-crop cutting height affects severity of narrow brown leaf spot in the ratoon crop. *Phytopathology*, 2014, 12 (11): 138-148.
- [4] 周奥, 何可佳, 李晓刚. 湖南地区再生稻品种筛选及高产栽培技术研究. 中国农学通报, 2016, 32(15): 1-5.
Zhou A, He K J, Li X G. Variety screening and high yield cultivation techniques of ratoon rice in Hunan. *Chin Agric Sci Bull*, 2016, 32(15): 1-5.(in Chinese with English abstract)
- [5] 徐富贤, 熊洪, 张林, 朱永川, 蒋鹏, 郭晓艺, 刘茂. 再生稻产量形成特点与关键调控技术研究进展. 中国农业科学, 2015, 48(9): 1702-1717.
Xu F X, Xiong H, Zhang L, Zhu Y C, Jiang P, Guo X Y, Liu M. Progress in research of yield formation of ratooning rice and its high-yielding key regulation technologies. *Sci Agric Sin*, 2015, 48(9): 1702-1717. (in Chinese with English abstract)
- [6] 张建福, 朱永生, 蔡秋华, 卓传营, 张上守, 郑荣和, 谢华安. 再生稻净光合速率与产量及其构成因素的相关性分析. 中国水稻科学, 2011, 25(1): 103-106.
Zhang J F, Zhu Y S, Cai Q H, Zhuo C Y, Zhang S S, Zheng R H, Xie H A. Analysis on correlation of net photosynthetic rate with yield and its components of ratooning rice. *Chin J Rice Sci*, 2011, 25(1): 103-106. (in Chinese with English abstract)
- [7] 郭文韬. 略论中国再生稻的历史发展. 中国农史, 1993, 12(4): 1-6.
Guo W T. Brief discussion on the historical development of ratooning rice in China. *Agric His China*, 1993, 12(4): 1-6.(in Chinese)
- [8] 柳开楼, 秦江涛, 张斌. 播种期对轻简栽培方式再生稻源库关系的影响. 土壤, 2012, 44(4): 686-695.
Liu K L, Qin J T, Zhang B. Effects on source-sink of ratoon rice under simplified cultivation of different seeding stages. *Soils*, 2012, 44 (4): 686-695. (in Chinese with English abstract)
- [9] 朱永川, 熊洪, 徐富贤, 郭晓艺, 张林, 刘茂, 周兴兵. 再生稻栽培技术的研究进展. 中国农学通报, 2013, 29(36): 1-8.
Zhu Y C, Xiong H, Xu F X, Guo X Y, Zhang L, Liu M, Zhou X B. Progress on research of ratoon rice cultivation technology. *Chin Agric Sci Bull*, 2013, 29(36): 1-8. (in Chinese with English abstract)
- [10] 彭少兵. 转型时期杂交水稻的困境与出路. 作物学报, 2016, 42(3): 313-319.
Peng S B. Dilemma and way-out of hybrid rice during the transition period in China. *Acta Agron Sin*, 2016, 42(3): 313-319. (in Chinese with English abstract)
- [11] Davis C D, Tsuji P A, Milner J A. Selenoproteins and cancer prevention. *Ann Review Nutr*, 2012, 32(32): 73.
- [12] 魏丹, 杨谦, 迟凤琴, 申惠波. 叶面喷施硒肥对水稻含硒量及产量的影响. 土壤肥料, 2005(1): 39-41.
Wei D, Yang Q, Ci F Q, Shen H B. Effect of foliage dressing Se fertilizer on the rice in the field. *Soils Fertil* 2005(1): 39-41. (in Chinese with English abstract)
- [13] 郭天宇. 叶面喷施不同硒肥对水稻含硒量、产量及品质的影响. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016.
Guo T Y. Effect of different foliar selenium on the selenium content in rice, yield and quality. Harbin: Northeast Agricultural University, 2016.
- [14] 张素芸, 杨春岭, 虎芳芳, 陈国勇, 许强. 富硒叶力肥对水稻产量与品质的影响. 农业科学研究, 2013(3): 27-30.
Zhang S Y, Yang C L, Hu F F, Chen G Y, Xu Q. Effect of selenium-enriched yeli fertilizer on the yield and quality in rice. *J Agric Sci*, 2013(3): 27-30.(in Chinese)
- [15] 朱文东. 叶面喷施有机硒肥对稻米含硒量和品质的影响. 湖北农业科学, 2013, 52(8): 1764-1767.
Zhu W D. Application of selenium on foliar surface of rice could enhance the percentage of selenium and improve quality of rice. *Hubei Agric Sci*, 2013, 52(8): 1764-1767.(in Chinese)
- [16] 唐建洲, 刘芳, 喻米玲, 游勇. 富硒微肥对利川有机水稻硒含量的影响. 作物研究, 2013, 27(5): 476-477.
Tang J Z, Liu F, Yu M L, You Y. Effect of selenium enriched fertilizer on selenium content of organic rice in Lichuan. *Crop Res*, 2013, 27(5): 476-477.(in Chinese)
- [17] 方勇, 陈曦, 陈悦, 罗佩竹, 杨文建, 马宁, 辛志宏, 赵立艳, 胡秋辉. 外源硒对水稻籽粒营养品质和重金属含量的影响. 江苏农业学报, 2013, 29(4): 760-765.
Fang Y, Chen X, Chen Y, Luo P Z, Yang W J, Ma N, Xin Z H, Zhao L Y, Hu Q H. Effects of exogenous selenium on nutritional quality and heavy metal content of rice grain. *Jiangsu J Agric Sci*, 2013, 29(04): 760-765. (in Chinese with English abstract)
- [18] 滕世辉, 李晓霞, 曹洪祥, 刘世亮, 李振玲. 叶面喷硒对稻米产量和含硒量影响研究初报. 农学学报, 2015, (11): 1-3.
Teng S H, Li X X, Cao H X, Liu S L, Li Z L. Effect of foliar application of selenium fertilizer on the yield and selenium content in rice. *J Agric*, 2015, (11): 1-3.

- [19] 唐国江, 胡海瑛, 孙洪波. 富硒康在水稻上的应用效果. 中国稻米, 2006(1): 40.
Tang G J, Hu H Y, Sun H B. The application effect of Fuxikang on rice. *China Rice*, 2006(1): 40. (in Chinese with English abstract)
- [20] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 杨洋, 杨福明. 硒肥喷施时期对水稻产量和籽粒中硒含量的影响. 耕作与栽培, 2010(4): 13-14.
Chi Z Z, Zheng J G, Jiang X L, Yang Y, Yang F M. Effects of spraying period of selenium fertilizer on grain yield and selenium content in rice grains. *Till Cul*, 2010(4): 13-14. (in Chinese)
- [21] 杨益花, 袁卫明, 单建明, 许乃霞, 顾晖, 王勋. 叶面硒肥施用量对稻谷总硒含量及产量的影响. 河北农业科学, 2013(3):51-54.
Yang Y H, Yuan W M, Shan J M, Xu N X, Gu H, Wang X. Effect of foliar selenium fertilizer on total selenium content and yield of rice. *J Hebei Agric Sci*, 2013(3): 51-54. (in Chinese)
- [22] 谭周磁, 陈平, 陈嘉勤, 薛海霞, 肖时运, 刘如清. 硒在水稻上的应用: III. 稻田土壤硒含量及施硒对水稻产量与米质的影响. 湖南师范大学学报: 自然科学版, 1997, 20(3): 63-66.
Tang Z C, Chen P, Chen J Q, Xue H X, Xiao S Y, Liu R Q. Application of selenium in rice: III. Research of influence on rice- production and qualitative of Se content of rice-field soil and by applying Se. *J Univ Norm Hunan: Sci Nat*, 1997, 20(3): 63-66. (in Chinese with English abstract)
- [23] 戴金鹏, 朱鑫宇, 周国强, 张云辉, 黄科延, 廖育林. “丰硒源肥”对水稻产量与品质的影响. 作物研究, 2012, 26(4): 334-336.
Dai J P, Zhu X Y, Zhou G Q, Zhang Y H, Huang K Y, Liao Y L. Effects of ‘Fengxiyuanfei’ on yield and quality of rice. *Crop Res*, 2012, 26(4): 334-336. (in Chinese)
- [24] 虎芳芳. 叶面喷施硒肥对水稻产量品质形成及其生理机理研究. 银川: 宁夏大学, 2016.
Hu F F. Study of foliar spraying selenium fertilizer on rice yield and quality formation and its physiological mechanism. Yinchuan: Ningxia University, 2016. (in Chinese with English abstract)
- [25] 吕文恺, 张凯, 唐静, 邵丽明, 欧小雪, 赵滢, 邢丹英, 杨隆维, 徐建龙, 邱先进. 富硒处理对籼稻外观品质的影响. 湖北农业科学, 2016(11): 2743-2745.
Lv W K, Zhang K, Tang J, Shao L M, Ou X X, Zhao Y, Xing D Y, Yang L W, Xu J L, Qiu X J. Effects of selenium-rich for *indica* rice appearance quality. *Hubei Agric Sci*, 2016(11):2743-2745. (in Chinese)
- [26] 张雪林, 姚鼎汉. 水网地区水稻土的含硒量及根外施硒对糙米硒含量的影响. 土壤学报, 2000, 37(2): 242-249.
Zhang X L, Yao D H. Se content of paddy soil in plain region of a network of rivers and effect of foliage spray of Se-compound on Se content of rice. *Acta Pedol Sin*, 2000, 37(2): 242-249.