

Se 肥施用方式和施用时期对水稻含 Se 量及产量的影响

迟凤琴, 匡恩俊, 张久明, 宿庆瑞, 魏 丹

(黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室, 黑龙江省肥料工程技术研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要:在田间小区的试验条件下研究不同硒(Se)肥的施用方法及施用时期对水稻植株和籽粒中 Se 的吸收与富集的影响。研究表明:水稻在生长前期和旺盛时期对 Se 的吸收和积累有很大差异。与对照相比,苗床施 Se、土壤施 Se 和叶面喷 Se 3 种方式均能明显提高各生育期水稻植株和籽粒中 Se 的含量,富 Se 效果达到差异极显著水平。从稻米富 Se 效果看,富 Se 含量在 $0.163\sim 0.207\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,Se 含量增加了 5.8~7.6 倍,且都在安全范围内。从水稻富 Se 的方式上,不同施 Se 方式富 Se 效果依次为水稻扬花期喷 Se>土壤施 Se>育苗期喷 Se>对照。从叶面喷施 Se 的时间上,稻米富 Se 效果依次是扬花期喷 Se>育苗期喷 Se>灌浆期喷 Se>齐穗期喷 Se>对照。从水稻富 Se 类型上看,外源无机 Se 和有机 Se 都能明显促进水稻对 Se 的积累。水稻育苗期和扬花期叶面喷 Se 在提高水稻稻米中含 Se 量的同时,并没有降低水稻产量。因此水稻叶面喷 Se 是一条安全、简单、易操作的途径。

关键词:Se; 水稻; 生育时期; 产量

中图分类号:S143.7

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2014)06-0560-05

doi: 10.13254/j.jare.2014.0248

Effect of Different Selenium Fertilizer Application Methods and Application Periods on Selenium Content and Yield of Rice

CHI Feng-qin, KUANG En-jun, ZHANG Jiu-ming, SU Qing-rui, WEI Dan

(Institute of Soil Fertilizer and Environment Resource, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province, Heilongjiang Fertilizer Engineering Research Center, Harbin 150086, China)

Abstract: Under field plot experiment condition, the different application methods and application periods of selenium (Se) fertilizer were explored to make sure the absorption and accumulation of Se in plants and grains of rice. The results showed there were significant differences in the early and exuberant periods of rice for Se absorption and accumulation. Compared with the control, three kinds of application methods could significantly improve Se value of rice. From the effect of Se enrichment, the content of Se was in the range of $0.163\sim 0.207\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ which increased by 5.8~7.6 times, within the safe range. From the way of Se enrichment, the order of better effect was: spraying Se at flowering stage treatment>application Se in soil>spraying Se at breeding period>CK. From the foliar application period of Se, the order of Se enrichment effect was spraying Se at flowering stage>breeding period>grain filling period>full heading period>CK. Exogenous inorganic and organic Se fertilizer could significantly promote the accumulation of Se in rice. Foliar spray in rice seedling and flowering stage could increase the Se containing of rice grain but not reduce the yield of rice.

Keywords: selenium; rice; growth period; yield

硒(Se)是生态环境中一个十分重要的生命元素^[1],早在 1957 年就被证明为动物所必需^[2]。适量摄入 Se 不仅能预防缺 Se 引起的克山病和大骨节病,而且能增强机体的抗氧化作用和拮抗重金属的毒性^[3-5],起到防癌、抗肿瘤和抗衰老的作用^[6]。环境中的 Se 通过食物链来实现人、畜对 Se 的营养要求^[7-8]。水稻是世界上

最重要的粮食作物之一,在水稻种植中实现土壤无机 Se 向有机 Se 的转化,提高稻米中 Se 含量,是改善人体 Se 营养和促进人体健康的重要途径^[9-11]。在缺 Se 或低 Se 区稻米 Se 含量很低,根据推荐的成人摄 Se 量^[12-15],这类稻米中的 Se 难以满足人们的生理需要。目前,人们主要借助施用外源 Se 的方式来提高稻米中 Se 含量,并取得明显效果^[14-16]。张雪林等^[17]研究表明,喷施 Se 盐可使糙米含 Se 量有明显提高且可达到粮食 Se 含量的正常标准。叶面喷施亚硒酸钠 $10\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$,可提高水稻籽粒 Se 含量达 $255.3\sim 586.5\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,

收稿日期:2014-09-26

基金项目:公益性行业(农业)科研专项经费(201303106)

作者简介:迟凤琴(1963—),女,博士,研究员,主要从事土壤肥力方面的研究。E-mail: fqchi2013@163.com

是不喷 Se 的 7.9~11.0 倍^[18]。耿建梅等^[19]和张士陆等^[20]研究结果也表明, 喷 Se 极显著提高糙米和精米平均 Se 含量。粳稻品种间富 Se 能力存在差异,以抽穗期喷 Se 效果较好^[21]。水稻生育后期叶面喷施 Se 肥对产量有一定的增产效果^[10,22]。其中,以齐穗期产量最高,分别比抽穗期、孕穗期增产 0.5%~5.0%和 5.3%~12%^[23]。因此,低 Se 土壤上,可通过喷少量的 Se 来提高稻米的 Se 含量,但施 Se 容易带来潜在的环境风险,长期施用要非常慎重。

黑龙江省是我国的缺 Se 地区, 水稻种植面积达到 400 万 hm²。因此,研究东北缺 Se 区富 Se 水稻生产技术,提高水稻籽粒中的含 Se 量,补充人体缺 Se 将具有重要意义。本研究在田间小区试验条件下,探索 Se 不同施用方式及不同生育时期叶面喷 Se 对水稻植株和籽粒中 Se 的吸收与富集的影响, 为生产优质富 Se 大米提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

田间小区试验地点为黑龙江省方正县德善镇,水稻试验品种为绥粳 4 号。土壤类型为黑土,基本理化性状见表 1。Se 矿粉为湖北恩施出产,Se 含量为 7.33%。有机 Se 制剂,南京农业大学提供,富 Se 米专用,含 Se 量 10 g·L⁻¹,用量:100 mL·667 m⁻²,加 40 kg 水。富 Se 宝,黑龙江省农科院生产,含 Se 量为 0.75%,且含有少量的硫酸铵、磷酸二氢钾、硼酸、硫酸锰、硫酸镁等。用量:100 g·667 m⁻²,加 20 kg 水。

1.2 试验设计

田间小区试验设在黑龙江省方正县,试验设 7 个处理:①CK;②水稻育苗期(3 叶 1 心期)开始喷施富 Se 宝(0.25 g·m⁻² Na₂SeO₃);③水稻齐穗期喷施富 Se

宝(11.25 g·hm⁻² Na₂SeO₃);④水稻扬花期喷施富 Se 宝(11.25 g·hm⁻² Na₂SeO₃);⑤水稻灌浆期喷施富 Se 宝(11.25 g·hm⁻² Na₂SeO₃);⑥水稻齐穗期喷施有机 Se 制剂(含 Se 10 g·L⁻¹);⑦土壤施用 Se 矿粉(3 kg·667 m⁻²)。

小区面积 36 m²,3 次重复。在水稻不同时期取植株样本,收获期取籽粒样本,测定 Se 在植株和籽实中含量。每小区随机抽取 10 株,查穗粒数及空瘪率,将籽粒去茎除瘪,测千粒重。

1.3 测定方法

植株样品全 Se 量的测定采用荧光分光光度法(GB 5009.93—2010)。土壤全 Se 的测定采用 2,3-二氨基萘荧光法(NY/T 1104—2006)。

1.4 数据分析

采用 DPS7.0 和 Excel 2007 软件处理试验数据,方差分析采用单因素新复极差法。

2 结果与讨论

2.1 Se 不同施用方法对水稻植株和籽粒中 Se 含量的影响

水稻在生长前期和旺盛时期对 Se 的吸收和积累有很大差异。为了摸清水稻不同时期喷施 Se 效果,本研究进行了水稻育苗期喷 Se、扬花期喷 Se 和土壤施 Se 的 3 个施 Se 方法的比较。研究结果表明(表 2),与对照相比,3 种施 Se 方法都能明显提高不同生育期水稻植株和籽粒中 Se 的含量,富 Se 效果达到差异极显著水平($P<0.01$)。据世界卫生组织的研究结果,食物中的 Se 含量低于 0.1 mg·kg⁻¹ 就会造成人体缺 Se,高于 5 mg·kg⁻¹ 又会产生 Se 中毒,按国家标准粮食中 Se 含量在 0.1~0.3 mg·kg⁻¹ 之间为正常^[24]。从稻米富 Se 效果看,富 Se 含量在 0.163~0.207 mg·kg⁻¹ 之间,可满足低 Se 地区人口对 Se 的需要,与对照相比富 Se 处理水稻植株中 Se 含量增加了 5.8~7.6 倍,差异均达极显著($P<0.01$),效果明显,且都在安全范围内。

从表 2 中可以看出,齐穗期水稻地上部分组织吸收 Se 的速度明显高于扬花期和成熟期地上部分组织吸收 Se 的速度,即以齐穗期为界,水稻在生长前期吸收 Se 的速度较快,后期吸收 Se 的速度相对来说就要慢一些,呈下降趋缓势,这与朱文东^[25]的研究结果一致。周鑫斌等^[18]也表明随着生长发育期的推进,水稻在拔节期对 Se 累积量骤增,从拔节期到灌浆期水稻 Se 的累积量占总 Se 累积量的 65%~77%,说明这一段时期是水稻吸收 Se 的关键时期。富 Se 效果依次为

表 1 试验地点土壤基本情况表
Table 1 The basic chemical properties of test soils

指标	含量
有机质 Organic matter/g·kg ⁻¹	34.0
全氮 Total N(N)/g·kg ⁻¹	2.3
全磷 Total P(P ₂ O ₅)/g·kg ⁻¹	2.4
全钾 Total K(K ₂ O)/g·kg ⁻¹	22.1
碱解氮 Alkali-hydrolyzable N(N)/mg·kg ⁻¹	151.1
有效磷 Available P(P ₂ O ₅)/mg·kg ⁻¹	69.8
速效钾 Available K(K ₂ O)/mg·kg ⁻¹	169.0
Se/mg·kg ⁻¹	0.238
pH 值	5.94

表 2 不同施硒方法对水稻植株和籽粒 Se 含量的影响

Table 2 Se content in rice plants and grains under different methods of Se supply

处理 Treatments	植株 Se 含量 Se content of rice plants/mg·kg ⁻¹				稻米 Se 含量 Se content of rice grains/ mg·kg ⁻¹	稻米富 Se 率 / 倍 Rice Se enrichment rate/times
	齐穗期 Full heading period	扬花期 Flowering period	灌浆期 Grain filling period	成熟期 Mature period		
清水对照 spray water	0.148cC	0.282dD	0.192dD	0.103dD	0.024cC	—
育苗期喷 Se Foliar spray of Se in breeding period	1.524aA	0.700bB	0.979aA	0.170cC	0.163bB	5.8
扬花期喷 Se Foliar spray of Se in flowering period	—	0.891aA	0.323cC	0.252aA	0.207aA	7.6
土壤施 Se Applying Se in soil	0.514bB	0.497cC	0.442bB	0.226bB	0.202aA	7.4

注:小写字母表示不同处理 *P* 在 5% 上差异显著,大写字母表示不同处理 *P* 在 1% 上差异显著。下同。

扬花期喷 Se>土壤施 Se>育苗期喷 Se>对照。

2.2 不同施 Se 时期对水稻富 Se 效果的影响

本研究充分考虑了水稻不同生育时期对 Se 的吸收特点,选择了在水稻育苗期、齐穗期、扬花期、灌浆期叶面喷施 Se 肥,以便明确不同时期喷 Se 对水稻植株和籽粒的富 Se 效果。从表 3 中可以看出,育苗期喷 Se 能促进植株前期对 Se 的积累,植株中 Se 含量随着生育期推进,干物质积累增多,Se 含量逐渐减少。在水稻 4 个生育期叶面喷施 Se, 稻米富 Se 效果最好的是扬花期喷 Se, 富 Se 效果顺序是扬花期喷 Se>育苗期喷 Se>灌浆期喷 Se>齐穗期喷 Se>对照。

2.3 不同类型 Se 对水稻富 Se 效果的影响

为了比较不同外源 Se 对水稻的富 Se 效果,研究了不同 Se 肥类型(无机 Se 和有机 Se 制剂)对水稻的富 Se 效果。由于 2 种 Se 肥形态不同,在水稻体内吸

收也是不同的。从表 4 中可以看出,外源无机 Se 和外源有机 Se 都能明显促进水稻对 Se 的积累。无机 Se (Na₂SeO₃)处理水稻植株和稻米中 Se 含量较对照有显著增加,Se 含量都在安全范围内。有机 Se 叶面肥处理稻米中 Se 含量也极高,超出食品中 Se 含量的安全范围,应考虑减少使用剂量。

2.4 不同施 Se 处理对水稻产量的影响

Se 肥喷施后,对供试水稻品种产量、Se 含量有一定的改善作用^[26]。通过田间小区试验不同时期喷施 Se 对水稻产量构成结果看(表 5),喷施 Se 能降低水稻空瘪率,千粒重除土壤施 Se 外,其他处理较对照都有增加。说明微量元素 Se 对水稻生长发育有一定的促进作用。从产量影响结果看,增产明显的是扬花期喷 Se 肥,增产 5.5%。其余处理稍有增产,效果不明显。说明单喷 Se 元素可以增加水稻体内和稻米中 Se 含量,

表 3 不同时期喷施硒肥对水稻植株和籽粒 Se 含量的影响

Table 3 Se content in rice plants and grains under different periods of foliar application Se

处理 Treatments	植株 Se 含量 Se content of rice plants/mg·kg ⁻¹				稻米 Se 含量 Se content of rice grains/mg·kg ⁻¹	稻米富 Se 率 / 倍 Rice Se enrichment rate/times
	齐穗期 Full heading period	扬花期 Flowering period	灌浆期 Grain filling period	成熟期 Mature period		
清水对照 spray water	0.148bB	0.282dD	0.202eE	0.103dD	0.024dD	—
育苗期喷 Se Foliar spray of Se in breeding period	1.524aA	0.979aA	0.700aA	0.170cC	0.163bB	5.8
齐穗期喷 Se Foliar spray of Se in full heading period	—	0.539cC	0.509dD	0.265bB	0.157bBC	3.2
扬花期喷 Se Foliar spray of Se in flowering period	—	0.891bB	0.569cC	0.323aA	0.207aA	7.6
灌浆期喷 Se Foliar spray of Se in grain filling period	—	—	0.614bB	0.256bB	0.143cC	5.0

表 4 不同类型 Se 对水稻富 Se 效果的影响

Table 4 Effect of rice Se enrichment under different types of Se fertilization

处理 Treatments	植株 Se 含量 Se content of rice plants/mg·kg ⁻¹			稻米 Se 含量 Se content of rice grains/mg·kg ⁻¹	稻米富 Se 率 / 倍 Rice Se enrichment rate/times
	扬花期 Flowering period	灌浆期 Grain filling period	成熟期 Mature period		
清水对照 Spray water	0.282cC	0.192cC	0.103cC	0.024cC	—
齐穗期喷无机 Se Foliar spray of inorganic Se in full heading period	0.539bB	0.509bB	0.265bB	0.157bB	3.2
齐穗期喷有机 Se Foliar spray of organic Se in full heading period	3.969aA	0.669aA	1.642aA	0.910aA	36.9

表 5 不同喷 Se 处理对水稻产量构成和产量的影响
Table 5 Effect on rice yield composing and yield under different Se treatments

处理 Treatments	穗粒数 Grain per panicle	空瘪率 Empty flat rate (per plant)/%	千粒重 1 000-grain weight/g	产量 yield/ kg·km ⁻²	增产 Increasing rate/ %
清水对照 spray water	88.80	3.97	26.06	8 127 bA	—
育苗期(苗床)喷 Se Foliar spray of Se in breeding period (Seed bed)	92.27	2.37	26.59	8 291 abA	2.0
齐穗期喷 Se Foliar spray of Se in full heading period	91.15	2.57	26.57	8 277 abA	1.9
扬花期喷 Se Foliar spray of Se in flowering period	98.60	3.20	27.16	8 580 aA	5.5
灌浆期喷 Se Foliar spray of Se in grain filling period	95.60	2.55	26.49	8 283 abA	1.9
有机 Se 制剂 Foliar spray of organic Se in full heading stage	88.87	3.43	26.89	8 290 abA	2.0
土壤施 Se Applying Se in soil	90.13	3.70	25.96	8 162 bA	0.4

但对产量影响不明显。与对照相比,有机 Se 制剂与无机 Se 都能提高水稻产量,增产幅度为 1.9%~5.5%之间。比较不同喷 Se 方式,仍然是扬花期喷 Se(叶面喷 Se)效果最好,其次是育苗期喷 Se(苗床喷 Se)、土壤施 Se。池忠志等^[16]的研究结果表明在水稻齐穗后 6~12 d 叶面喷施 Se 肥,水稻的增产效果最佳,喷施时期延后,也会有一定的增产效果,但增产幅度逐渐降低。张玲霞^[23]的研究结果也显示,水稻齐穗期的增产效果明显,但其仅对孕穗期、抽穗期及齐穗期 3 个时期进行试验后的比较,其中对产量构成因子结实率和千粒重具有一定的影响。

3 结论

稻米具有对 Se 的生物富集作用,食用富 Se 稻米能明显提高机体抗氧化酶类的活性,可以用于人体的缺 Se 的补充和预防克山病、心血管疾病、抗氧化和抗衰老、抗肿瘤等方面。水稻在不同生长时期以及不同的施 Se 方式对 Se 的吸收和积累有很大差异。与对照相比,齐穗期、扬花期和灌浆期喷 Se 3 种方法,以及土壤施 Se、育苗期喷 Se 都能明显提高不同生育期水稻植株和籽粒中 Se 的含量,富 Se 效果达到差异极显著水平,且稻米 Se 含量都在安全范围内。因此水稻叶面喷 Se 是一条安全、简单、易操作的途径。外源无机 Se 和有机 Se 也都能明显促进水稻对 Se 的积累。在本试验中,有机 Se 叶面肥处理稻米中 Se 含量极高,超出食品中 Se 含量的安全范围,应考虑减少使用剂量。

Se 肥使用方式及用量应依据各地的土壤 Se 含量及作物需求确定,使其既能充分发挥有效生理作用,又能避免由于食用过量而引起中毒。对施肥后的作物和土壤含 Se 量应进行动态监测,确保农产品的食用安全性和防止土壤 Se 的过量积累。

参考文献:

[1] Rao A R, Nehra D S, Singh D P, et al. Energetics of cotton agronomy[J]. *Energy*, 1992, 17: 493-497.

[2] Schwarz K, Foltz C M. Selenium as an integral part of factor3 against dietary necrotic liver degeneration[J]. *J A m Chem Soc*, 1957, 70: 3292-3293.

[3] 刘 铮. 中国土壤微量元素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996: 330-332.

LIU Zheng. Chinese soil trace elements[M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1996: 330 -332. (in Chinese)

[4] Yu L L, Wang Y Z, Zhang D O, et al. Effects of selenium supplementation on polyunsaturated fatty acid concentrations and antioxidant status in plasma and liver of lambs fed linseed oil or sunflower oil diets[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 140(1-2): 39-51.

[5] Rayman M P. The importance of selenium to human health[J]. *Lancet*, 2006, 356: 233-241.

[6] 张联合, 郁飞燕, 苗艳芳. Se 在人和动物健康上的研究[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(21): 6688-6690.

ZHANG Lian-he, YU Fei-yan, MIAO Yan-fang. Study on the selenium in human and animal's health[J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2007, 35 (21): 6688-6690. (in Chinese)

[7] 唐玉霞, 王慧敏, 刘巧玲, 等. 土壤和植物 Se 素研究综述[J]. *河北农业科学*, 2008, 12(5): 43-45.

TANG Yu-xia, WANG Hui-min, LIU Qiao-ling, et al. Summary of selenium in soil and plant[J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2008, 12(5): 43-45. (in Chinese)

[8] 杨 莉, 郑家奎, 蒋开锋, 等. 微量元素 Se 对水稻影响的研究进展[J]. *现代农业科技*, 2010(8): 11-12.

YANG Li, ZHENG Jia-kui, JIANG Kai-feng, et al. Effect research progress of trace element selenium on rice[J]. *Modern Agricultural Sciences and Technology*, 2010(8): 11-12. (in Chinese)

[9] Gangadhara, Kumar P R, Prakash V. The structure functional catalytic activity of rice brain lipase in the presence of selenium and lithium[J]. *European Food Research Technology*, 2010, 230: 551-557.

[10] 周鑫斌, 施卫明, 杨林章. 水稻籽粒 Se 累积机制研究[J]. *植物营养与*

- 肥料学报, 2008, 14(3): 503-507.
- ZHOU Xin-bin, SHI Wei-ming, YANG Lin-zhang. Study on mechanisms of selenium accumulation in rice grains[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14(3): 503-507.(in Chinese)
- [11] 陈秋香, 施卫明, 王校常. 有色稻与常规稻富 Se 能力比较及其机理初探[J]. 土壤, 2010, 42(1): 88-94.
- CHEN Qiu-xiang, SHI Wei-ming, WANG Xiao-chang. Comparison of selenium accumulation ability between colored and general rice cultivars and its mechanism[J]. *Soils*, 2010, 42(1): 88-94.(in Chinese)
- [12] 李 健, 郑春江, 等. 环境背景值数据手册[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- LI Jian, ZHENG Chun-jiang. Environmental background values data sheet[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1990.(in Chinese)
- [13] Murphy J, Cashman K D. Se content of a range of Irish foods[J]. *Food Chemistry*, 2001, 74: 493-498.
- [14] Cao Z H, Wang X C, Yao D H, et al. Selenium geochemistry of paddy soils in Yangtze River Delta[J]. *Environment International*, 2001, 26: 335-339.
- [15] Hu Q H, Chen L C, Xu J, et al. Determination of selenium concentration in rice and the effect of foliar application of Se-enriched fertilizer or sodium selenite on the selenium content of rice[J]. *J Sci Food Agric*, 2002, 82: 869-872.
- [16] 池忠志, 郑家国, 姜心禄, 等. Se 肥喷施时期对水稻产量和籽粒中 Se 含量的影响[J]. 耕作与栽培, 2010(4): 13-14.
- CHI Zhong-zhi, ZHENG Jia-guo, JIANG Xin-lu, et al. Effects of selenium spraying duration on rice yield and content of grain selenium[J]. *Tillage and Cultivation*, 2010(4): 13-14.(in Chinese)
- [17] 张雪林, 姚鼎汉. 水网地区水稻上的含 Se 量及根外施 Se 对糙米 Se 含量的影响[J]. 土壤学报, 2000(5): 43-49.
- ZHANG Xue-lin, YAO Ding-han. 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[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2000(5): 43-49.(in Chinese)
- [18] 周鑫斌, 施卫明, 杨林章. 富 Se 与非富 Se 水稻品种对 Se 的吸收分配的差异及机理[J]. 土壤, 2007, 39(5): 731-736.
- ZHOU Xin-bin, SHI Wei-ming, YANG Lin-zhang. Genotypical differences and characteristics of Se uptake and accumulation in rice[J]. *Soils*, 2007, 39(5): 731-736.(in Chinese)
- [19] 耿建梅, 秦俊豪, 张小亮, 等. 不同早稻品种对喷 Se 的响应[J]. 中国土壤与肥料, 2011(4): 45-49.
- GENG Jian-mei, QIN Jun-hao, ZHANG Xiao-liang, et al. Response of various early rice cultivars to foliar application Na_2SeO_3 [J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2011(4): 45-49.(in Chinese)
- [20] 张士陆, 王学会, 熊忠炯, 等. 红米皖稻 129 富 Se 化研究[J]. 中国稻米, 2007(1): 47-48.
- ZHANG Shi-lu, WANG Xue-hui, XIONG Zhong-jiong, et al. 129 Se Wanda red rice research[J]. *China Rice*, 2007(1): 47-48.(in Chinese)
- [21] 吴永尧, 罗泽民, 彭振坤. 不同供 Se 水平对水稻生长的影响及水稻对 Se 的富集作用水稻对 Se 的生物富集分布 [J]. 湖南农业大学学报, 1998, 24(3): 176-179.
- WU Yong-yao, LUO Ze-min, PENG Zhen-kun. Research on the influence of selenium provided at different levels upon the growth of rice and its accumulation of selenium[J]. *Journal of Hunan Agricultural University*, 1998, 24(3): 176-179.(in Chinese)
- [22] 江 川, 王金英, 李书柯, 等. Se 肥对早、晚季水稻精米和米糠中 Se 含量变化的影响[J]. 江西农业学报, 2008, 20(11): 27-29.
- JIANG Chuan, WANG Jin-ying, LI Shu-ke, et al. Impact of external Se fertilizer on Se content in early and late-season polished rice and rice bran[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2008, 20(11): 27-29.(in Chinese)
- [23] 张玲霞. 不同水稻品种富 Se 能力研究[J]. 园艺与种苗, 2011(3): 111-113.
- ZHANG Ling-xia. Study on selenium rich ability of different rice varieties[J]. *Horticulture & Seed*, 2011(3): 111-113.(in Chinese)
- [24] GB/T 22499—2008, 富 Se 稻谷[S].
- GB/T 22499—2008, Rich rice[S].
- [25] 朱文东. 叶面喷施有机 Se 肥对稻米 Se 含量及品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(8): 1764-1767.
- ZHU Wen-dong. Application of selenium on foliar surface of rice could enhance the percentage of selenium and improve quality of rice[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2013, 52(8): 1764-1767.(in Chinese)
- [26] 魏 丹, 杨 谦, 迟凤琴, 等. 叶面喷施 Se 肥对水稻含 Se 量及产量的影响[J]. 土壤肥料, 2005(1): 39-41.
- WEI Dan, YANG Qian, CHI Feng-qin, et al. Effect of foliage dressing Se fertilizer on the rice in the field[J]. *Soil Fertilizer*, 2005(1): 39-41.(in Chinese)