

硒肥对水稻生长及其重金属累积的影响^①

管文文^{1,2}, 戴其根^{1*}, 张洪程¹, 尹雪斌^{2*}

(1 扬州大学农学院, 江苏扬州 225009; 2 中国科学技术大学苏州研究院功能农业重点实验室, 江苏苏州 215123)

摘要:以大田水稻作为研究对象, 分析了不同硒肥量对水稻生长特性及重金属(砷、铬、镉、铅)累积的影响, 探讨了通过施硒降低重金属在水稻可食部分含量的可行性。结果发现: 施用不同量硒肥(30、60 和 120 kg/hm²)对水稻分蘖数、株高、单株干物重和产量有促进作用, 但差异不显著。施用 120 kg/hm² 硒肥显著增加了大米中的总硒、无机硒及有机硒的含量, 并使有机硒比例增加了 16.6%。施用 120 kg/hm² 硒肥有效抑制了水稻穗部铬和镉的累积量(53% 和 45%), 而对铅无明显抑制作用。施用硒肥促进了硒向精米、糠中转移, 同时有效降低了精米中镉、铬、铅的累积量。

关键词: 硒; 肥料; 水稻; 重金属

中图分类号: S511 文献标识码: A

随着工业化、城市化、农业集约化的快速发展, 大量未经处理的废弃物向土壤系统转移, 并在自然因素的作用下汇集、残留于土壤环境中, 造成农田土壤环境污染。自然界重金属可以通过矿区、冶炼、工业“三废”等途径进入农田生态系统, 从而对生态系统和人体健康产生严重威胁^[1]。据统计, 我国总的土壤点位超标率为 16.1%, 其中以重金属污染为代表的无机型污染占全部超标点位的 82.8%^[2]。近年来, 重金属(铜、锌、铅、镉、铬、砷等)污染日益受到公众的广泛关注。

硒是人体所必需的微量营养元素之一, 是体内抗氧化酶的重要组成部分, 具有增强人体免疫力、预防心血管疾病、抗衰老以及抗癌等作用^[3]。近年来, 有研究发现硒能够与重金属(如镉、砷、汞等)产生拮抗效应, 减轻其对植物的毒害作用, 降低植物的重金属积累^[4]。贺前锋等^[5]研究了不同富硒肥料对镉污染稻田稻米降镉富硒的效果, 认为喷施富硒肥可使稻米达到增硒降镉的作用, 但不同肥料的效果不同, 且相同肥料在不同地点施用其结果也存在差异。有研究表明, 在适宜的浓度下硒能抵抗镉、铅、汞等重金属对植物的毒害, 降低植物对重金属元素的吸收积累^[6]。

为了进一步探讨硒对重金属的调控作用, 本研究

选取大田种植的水稻作为对象, 分析硒肥对水稻生长特性及穗部重金属(砷、铬、镉、铅)累积的影响, 为生物强化生产富硒农产品及调控硒的安全水平提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验于苏州市横泾街道水稻示范区进行。供试水稻品种为南粳 46 号, 供试土壤为黄泥土, 其基本理化性质见表 1。含硒肥料由苏州硒谷科技有限公司提供, 总硒含量为 5 000 mg/kg。

表 1 试验土壤的理化性质
Table 1 Physiochemical properties of tested field soil

理化性质	含量
有机质 (g/kg)	22.52 ± 1.73
全氮 (g/kg)	1.15 ± 0.08
全磷 (P ₂ O ₅ , g/kg)	0.80 ± 0.04
全钾 (K ₂ O, g/kg)	10.53 ± 0.56
总硒 (mg/kg)	0.26 ± 0.03
Cu (mg/kg)	15.57 ± 2.81
Cd (mg/kg)	3.52 ± 0.81
Pb (mg/kg)	97.63 ± 13.02
Cr (mg/kg)	27.55 ± 0.61
pH	7.10 ± 0.03

①基金项目: 广西创新驱动发展专项资金项目(桂科 AA17202026-7, 桂科 AA17202044-1, 桂科 AA17202026-6, 桂科 AA17202027-3, 桂科 AA17202019-2, 桂科 AA17202010, 桂科 AA17202038-1)资助。

* 通讯作者(qgdai2000@126.com; xbyin@ustc.edu.cn)

作者简介: 管文文(1983—), 女, 江苏连云港人, 博士研究生, 主要从事功能水稻栽培研究。E-mail: guanww007@163.com

1.2 试验设计

田间试验采取完全随机设计,设置 1 个对照(CK, 不施硒肥)和 3 个硒肥水平(以单质硒计)(Se30: 30 kg/hm²; Se60: 60 kg/hm²; Se120: 120 kg/hm²), 每个小区面积为 667 m², 每处理重复 3 次。根据 GB/T 22499—2008^[7], 本研究谨慎地选择了硒肥量, 以确保稻米硒含量小于 0.300 mg/kg。水稻于 2015 年 5 月 23 日播种, 6 月 11 日移栽。于水稻苗期(2015 年 6 月 17 日), 将含硒肥料通过与尿素混合施入稻田。其他栽培管理措施统一按常规栽培要求实施。

1.3 水稻生物学数据采集

分别在水稻分蘖前期、分蘖后期、孕穗期、灌浆期和成熟期观察茎蘖生长动态。每块试验田取 3 ~ 5 株水稻重复测量株高、干物质质量等。水稻收获后测定实际产量, 并将水稻穗分为精米、糠、颖壳和枝梗等部分分别测定。

1.4 硒和其他重金属的测定

取 0.2 g 左右的样品, 置于三角瓶中, 用浓硝酸和高氯酸混合酸(4:1, V/V)消解。在 AFS-9230 型原子荧光分光光度计(吉天, 北京)上测定硒和砷的含量^[8]。用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)测定铬、镉及铅含量。每批样品用空白和标准物质(GBW 07603-GSV-2)控制数据质量。

1.5 精米中无机硒和有机硒的测定

称取粉碎后样品 2.0 g 于锥形瓶中, 加水超声 30 min, 再加热煮沸 20 min, 转移至离心管 10 000 r/min 离心 1 h。取上清液用环己烷萃取后, 按照总硒测定步骤测定样品中无机硒含量, 同时测定样品总硒含量, 差减后得到有机硒含量^[8]。

2 结果与分析

2.1 施硒对水稻茎蘖动态及株高的影响

如表 2 所示, 在不同的生育期 3 个施硒处理(Se30、Se60 和 Se120)的水稻分蘖数均高于对照(CK)。

随着施硒量的增加, 水稻分蘖数也呈现增高的趋势, 在孕穗期和灌浆期, Se120 处理与 CK 差异显著。

表 2 硒肥用量与水稻群体分蘖数的关系
Table 2 Relationship between Se fertilization rate and rice tiller number

处理	水稻群体分蘖数(万/667m ²)			
	分蘖期	孕穗期	灌浆期	成熟期
CK	30.1 ± 4.4 a	27.5 ± 3.6 b	19.0 ± 3.6 b	17.3 ± 1.5 a
Se30	33.6 ± 4.9 a	30.8 ± 5.0 ab	23.3 ± 6.7 ab	18.3 ± 2.9 a
Se60	36.5 ± 4.4 a	31.7 ± 5.2 ab	27.3 ± 5.0 ab	19.0 ± 2.6 a
Se120	36.7 ± 5.1 a	33.0 ± 3.3 a	28.0 ± 5.2 a	19.3 ± 2.5 a

注: 同列不同字母表示各处理在 $P < 0.05$ 水平差异显著, 下同。

由表 3 可见, 水稻株高随着生长时间的增加而不断增高, 在灌浆期达到最高, 到成熟期有所下降, 3 个施硒处理之间无显著差异。在孕穗期, Se120 处理的株高比 CK 显著增加 5.3 cm。

表 3 硒肥用量与水稻株高的关系
Table 3 Relationship between Se fertilization rate and rice height

处理	水稻株高(cm)			
	分蘖期	孕穗期	灌浆期	成熟期
CK	59.4 ± 4.6 a	99.0 ± 4.3 b	117.9 ± 7.3 a	117.3 ± 7.1 a
Se30	59.5 ± 3.8 a	102.3 ± 3.6 ab	123.9 ± 7.6 a	117.9 ± 4.6 a
Se60	60.7 ± 2.7 a	102.7 ± 3.5 ab	129.6 ± 4.4 a	121.7 ± 2.6 a
Se120	60.3 ± 0.9 a	104.3 ± 3.4 a	129.4 ± 7.0 a	121.9 ± 4.8 a

2.2 施硒对水稻干物质重及产量的影响

由表 4 可见, 随着水稻的生长, 水稻干物质质量逐渐上升, 并随施硒量的增加而增加。在分蘖期, Se120 处理较 CK 显著增加 50.4 kg/667m²。在孕穗期、灌浆期和成熟期, 3 个施硒肥处理的水稻干物质质量均高于 CK, 但相互之间差异不显著。CK 处理水稻的产量为 545.4 kg/667m², Se30、Se60、Se120 处理的产量分别为 570.1、572.4 kg 和 584.6 kg/667m², 施用硒肥对水稻有一定的增产效果, 但无显著差异。

表 4 硒肥用量对水稻干物质质量及产量的影响
Table 4 Effects of Se fertilization rate on dry matter weight and yield of rice

处理	水稻干物质质量(kg/667m ²)				产量(kg/667m ²)
	分蘖期	孕穗期	灌浆期	成熟期	
CK	215.6 ± 13.1 b	832.5 ± 34.1 a	1 008.9 ± 42.1 a	1 339.9 ± 58.1 a	545.4 ± 15.3 a
Se30	226.8 ± 6.8 ab	840.2 ± 37.0 a	1 053.6 ± 55.8 a	1 366.1 ± 55.3 a	570.1 ± 52.5 a
Se60	254.8 ± 14.7 ab	935.2 ± 75.6 a	1 166.4 ± 58.6 a	1 513.7 ± 38.5 a	572.4 ± 6.7 a
Se120	266.0 ± 15.4 a	997.5 ± 119.0 a	1 279.2 ± 25.2 a	1 606.5 ± 43.0 a	584.9 ± 8.0 a

2.3 大米中硒的组成

由表 5 可见, CK 处理大米的总硒含量为 42.0

μg/kg, Se120 处理大米的总硒含量为 171.1 μg/kg, 比 CK 处理提高了 300%, 说明施用硒肥能够显著提高稻

米中总硒含量。施用硒肥使大米里的无机硒从 13.1 $\mu\text{g/kg}$ 增加到 25.4 $\mu\text{g/kg}$, 增加了 94%。同时, 有机硒含量从 28.9 $\mu\text{g/kg}$ 增加到 145.7 $\mu\text{g/kg}$, 提高了 400%。CK 处理中稻米有机硒占总硒的 68.6%, 而 Se120 处理中则达到 85.2%。

2.4 水稻穗部硒、砷、铬、镉、铅的累积量

由表 6 可见, Se120 处理水稻穗部精米、糠、颖壳、枝梗中硒累积量均高于 CK, 分别是 CK 的 4.6 倍、6.9 倍、2.6 倍和 2.5 倍。在所有部位中, 精米中

的硒累积量比例最大, CK 和 Se120 处理分别为 45.8% 和 52.6%; 枝梗中硒累积量的比例最小, CK 和 Se120 处理分别为 9.0% 和 5.5%。

表 5 稻米中不同形态硒的含量($\mu\text{g/kg}$)
Table 5 Contents of different selenium forms in milled rice

处理	总硒	无机硒	有机硒
CK	42.0 $\pm$ 10.8 a	13.1 $\pm$ 2.1 a	28.9 $\pm$ 4.3 a
Se120	171.1 $\pm$ 21.0 b	25.4 $\pm$ 2.5 b	145.7 $\pm$ 10.4 b

表 6 水稻穗部硒、砷、铬、镉、铅的累积量
Table 6 Accumulation of Se, As, Cr, Cd and Pb in different parts of rice panicle

元素	部位	CK		Se120	
		累积量($\mu\text{g/株}$)	分配比例(%)	累积量($\mu\text{g/株}$)	分配比例(%)
硒	精米	0.067 $\pm$ 0.035 a	45.8	0.311 $\pm$ 0.215 a	52.6
	糠	0.018 $\pm$ 0.012 a	12.0	0.124 $\pm$ 0.009 b	20.9
	颖壳	0.049 $\pm$ 0.011 a	33.2	0.125 $\pm$ 0.006 b	21.0
	枝梗	0.013 $\pm$ 0.003 a	9.0	0.033 $\pm$ 0.007 b	5.5
砷	精米	0.000 $\pm$ 0.000 a	0.0	0.000 $\pm$ 0.000 a	0.0
	糠	0.089 $\pm$ 0.021 a	25.1	0.115 $\pm$ 0.100 a	17.7
	颖壳	0.257 $\pm$ 0.226 a	72.7	0.455 $\pm$ 0.159 a	70.3
	枝梗	0.008 $\pm$ 0.014 a	2.3	0.078 $\pm$ 0.062 a	12.1
铬	精米	9.659 $\pm$ 2.141 a	38.8	0.000 $\pm$ 0.000 b	0.0
	糠	2.636 $\pm$ 0.220 a	10.6	0.000 $\pm$ 0.000 b	0.0
	颖壳	11.606 $\pm$ 8.756 a	46.6	11.364 $\pm$ 4.557 a	96.9
	枝梗	0.985 $\pm$ 0.199 a	4.0	0.365 $\pm$ 0.210 b	3.1
镉	精米	0.072 $\pm$ 0.031 a	35.0	0.054 $\pm$ 0.009 a	47.2
	糠	0.043 $\pm$ 0.011 a	21.0	0.031 $\pm$ 0.012 a	27.3
	颖壳	0.068 $\pm$ 0.036 a	33.0	0.022 $\pm$ 0.004 b	18.9
	枝梗	0.023 $\pm$ 0.013 a	10.9	0.008 $\pm$ 0.001 b	6.9
铅	精米	0.123 $\pm$ 0.106 a	8.5	0.034 $\pm$ 0.028 a	2.3
	糠	0.090 $\pm$ 0.040 a	6.2	0.237 $\pm$ 0.172 a	16.3
	颖壳	1.115 $\pm$ 0.622 a	77.1	1.083 $\pm$ 0.438 a	74.5
	枝梗	0.119 $\pm$ 0.031 a	8.2	0.100 $\pm$ 0.051 a	6.9

与硒的分布不同, 砷大多聚集在水稻颖壳中(CK 和 Se120 处理分别为 72.7% 和 70.3%), 而在精米中未检出。虽然 Se120 处理使糠和颖壳含砷的百分比有所降低, 而枝梗中砷的比例增加, 但 CK 和 Se120 处理在水稻穗部的砷累积量没有显著差异。

CK 处理中, 精米、糠中铬的累积分别为 38.8% 和 10.6%, 而在 Se120 处理中, 精米、糠中均检测不到铬的累积。枝梗中铬累积百分比变化不大, 而颖壳中铬累积百分比从 46.6% 增加到 96.9%。

镉在精米中累积百分比最高, 分别为 35.0%(CK) 和 47.2%(Se120)。施用硒肥后, 硒抑制穗部镉的吸收累积由 0.207 $\mu\text{g/株}$ 下降到 0.114 $\mu\text{g/株}$, 总量比 CK 下

降了 45%, 精米中镉的累积下降 25%。但是精米、糠中的镉累积百分比分别增加 12.2% 和 6.3%, 而颖壳和枝梗镉占百分比降低了 14.1% 和 4.0%。

硒肥处理对穗部铅的累积没有抑制作用, 铅累积量反而略微增加(0.05%)。铅主要累积在颖壳中, 分别为 77.1%(CK)和 74.5%(Se120)。施用硒肥后, 精米、颖壳、枝梗中的铅累积百分比都有所下降, 而糠中铅累积百分比上升了 10.1%。

3 讨论

3.1 硒肥对水稻产量和生物学指标的影响

关于施用外源硒对作物产量和生物量的影响方

面有两种不同的观点：一种观点认为，适量施用外源硒可以增加作物产量或提高其生物量，原因是适量施硒能增加土壤有效硒含量，有利于土壤有效磷、钾含量的提高，改善土壤肥力，从而影响作物对养分的吸收利用^[9]；另一种观点认为，施硒对作物产量和生物量无显著影响^[10]。本研究结果显示，土壤施用硒肥使水稻产量、生物量、分蘖数和株高都有所增加，且与施硒量呈现较稳定的同步增加趋势，但处理之间的差异不显著，这与刘庆等^[11]在玉米上的研究结果相似。可能是由于本研究施硒方式为土壤基施富硒肥料，有效态硒含量较低，加之土壤的固持作用，所以即使施硒量较高，但施硒并未对水稻的产量和生物量产生显著影响。

3.2 硒肥与精米中硒形态

天然植物中硒主要以无机硒和有机态硒存在，无机硒在体内的吸收、利用率低且毒性较大，中毒剂量与人体需要量非常接近，因而其使用量被严格限制。与无机硒相比，有机硒的最大特点是人体吸收、利用率高，生物活性强，副作用小^[12]。因此有机硒含量是补硒产品的主要评价指标。陈历程等^[13]研究发现，外源硒能显著提高大米的含硒量和有机硒含量及比例。本研究也发现，土壤施用硒肥不但提高了稻米中总硒的含量，还显著提高了有机硒的含量，说明施用硒肥能促进植株对硒的吸收利用。

陈金等^[14]研究发现，在高硒土壤上高硒和低硒大豆品种的籽粒中有机硒含量都高达 95%，但是在低硒土壤上高硒和低硒大豆品种都分别下降 73% 和 30%。与此相似，本研究结果发现，不施硒肥(低硒)处理中稻米有机硒含量占总硒的 68.6%，而高硒(120 kg/hm²)处理中稻米有机硒百分比为 85.2%，表明高硒土壤有利于稻米中有机硒的合成。

3.3 硒与砷、铬、镉、铅之间的互相作用

硒在提高植物抗逆性、缓解重金属胁迫以及阻碍植物对重金属吸收等方面有着重要作用，但其机制尚不明确。Van 和 Clijsters^[15]认为重金属离子抑制原叶绿素酸酯还原酶活性，最终严重影响植物光合作用。加硒培养，铬毒害水稻幼苗的病症减轻，这可能是硒与重金属等污染元素之间多表现为拮抗关系，硒能增强植物对重金属、环境污染物和生理逆境的抵抗力^[16]。

本研究结果显示，硒肥的施用能有效降低穗部铬和镉的累积量，分别降低了 53% 和 45%。而对铅无明显抑制作用。硒可以减轻镉胁迫对水稻幼苗生长的抑制作用，提高叶片叶绿素含量，增加叶片干物质积

累，且有效保护酶活性^[17-18]。高硒能够明显降低植株内镉的含量^[19]。周大寨等^[20]研究表明适量的硒对水稻幼苗生长发育有促进作用，且有拮抗重金属铅伤害的作用。谭周磁等^[21]研究结果表明，施硒后稻米中铅、镉、铬含量均有不同程度的降低(10.98% ~ 42.56%)。

本研究施用硒肥能显著增加水稻穗部硒和砷的累积量，分别增加了 260% 和 85%。由于硒、砷之间较大的化学亲和力，它们在植物体内可能生成一种较稳定、毒性低的硒-砷复合物，从而减轻砷对抗氧化酶活性的抑制作用，减轻活性氧自由基对植物的损伤^[5]。

4 结论

1) 施用硒肥对水稻分蘖、株高、干物质量有一定的促进作用，且有一定的增产效应，但差异不显著。硒肥能够显著提高大米的总硒、无机硒及有机硒含量，且使有机硒占总硒比例增加。

2) 土壤施用硒肥能有效抑制精米中铬、镉等重金属的含量，提高稻米品质。

参考文献：

- [1] 范俊楠, 贺小敏, 陆泗进, 等. 重点行业企业周边土壤重金属污染现状及潜在生态危害评价[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37(5): 1-6
- [2] 环境保护部, 国土资源部. 全国土壤污染状况调查公报[R]. 2014-04-17
- [3] 马迅, 诸旭东, 宗良纲, 等. 不同调控措施对酸性富硒土壤硒有效性及水稻产量性状的影响[J]. 土壤, 2018, 50(2): 284-290
- [4] 刘春梅, 罗盛国, 刘元英. 硒对镉胁迫下寒地水稻镉含量与分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1): 190-199
- [5] 贺前锋, 易凤姣, 李鹏祥, 等. 不同富硒叶面肥对轻度镉污染稻田稻米降镉富硒效果的研究[J]. 湖南农业科学, 2015(12): 38-41
- [6] 黄青青, 杜威, 王琪, 等. 水稻对不同土壤中硒酸盐/亚硒酸盐的吸收和富集[J]. 环境科学学报, 2013, 33(5): 1423-1429
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 富硒稻谷: GB/T 22499—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [8] 李伟, 李飞, 毕德, 等. 兰州碱性土壤与农产品中硒分布及形态研究[J]. 土壤, 2012, 44(4): 632-638
- [9] 黄丽美, 徐宁彤, 曲琪环. 硒对玉米产量及籽粒营养品质、重金属含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(10): 59-61
- [10] 甄广田, 杨双, 柏德华, 等. 生命元素硒与作物产量和品质的关系[J]. 安徽农业科学, 2006(13): 2956-2958

- [11] 刘庆, 田侠, 史衍玺. 外源硒矿粉对玉米硒累积及矿质元素吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(2): 403–409
- [12] 周鑫斌, 赖凡, 张城铭, 等. 不同形态硒向水稻籽粒转运途径及品种差异[J]. 土壤学报, 2017, 54(5): 1251–1258
- [13] 陈历程, 杨方美, 张艳玲, 等. 我国部分大米含硒量分析及生物硒肥对籽粒硒水平的影响[J]. 中国水稻科学, 2002, 16(4): 341–345
- [14] 陈金, 潘根兴, 王雅玲. 土壤硒水平对两种春大豆硒吸收与转化的影响[J]. 中国农业科学, 2005(2): 428–432
- [15] Van A F, Clijsters H. Effects of metal on enzyme activity in plants[J]. Plant Cell Environ, 1990, 13: 195–206
- [16] 吴军, 刘秀芳, 徐汉生. 硒在植物生命活动中的作用[J]. 植物生理通讯, 1999, 35(5): 417–423
- [17] 高阿祥, 周鑫斌, 张城铭. 硒(IV)预处理下根表铁膜对水稻幼苗吸收和转运汞的影响[J]. 土壤学报, 2017, 54(4): 989–998
- [18] 潘丽萍, 刘永贤, 黄雁飞, 等. 土壤-植物体系中硒与重金属镉的相互作用[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 480–485
- [19] 周骏, 刘兆云, 孟立丰, 等. 土壤性质对土壤-水稻系统中硒迁移的影响[J]. 土壤, 2016, 48(4): 734–741
- [20] 周大寨, 朱玉昌, 唐巧玉, 等. 硒对铅胁迫下水稻幼苗部分生理特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(3): 573–575
- [21] 谭周磁, 陈嘉勤, 薛海霞. 硒(Se)对降低水稻重金属 Pb, Cd, Cr 污染的研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2000, 23(3): 80–83

Effect of Selenium Fertilization on Rice Growth and Accumulation of Heavy Metals in Rice (*Oryza sativa*)

GUAN Wenwen^{1,2}, DAI Qigen^{1*}, ZHANG Hongcheng¹, YIN Xuebin^{2*}

(1 College of Agricultural Science, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; 2 Key Laboratory of Functional Agriculture, Suzhou Institute for Advanced Study, University of Science and Technology of China, Suzhou, Jiangsu 215123, China)

Abstract: A field experiment was conducted to explore the effects of different Se fertilization rates on rice growth and the accumulation of heavy metals (As, Cr, Cd, Pb) in rice and to disclose the feasibility to reduce the contents of heavy metals in the edible part of rice by Se fertilization. The results showed that selenium fertilization increased rice plant tillering, height and dry matter weight, but no significant differences existed in different Se fertilization treatments (30, 60, 120 kg/hm²). Selenium fertilization had certain stimulation effect on rice yield. Selenium fertilization significantly improved the contents of total selenium, and inorganic and organic selenium in rice, which were increased by 300%, 94% and 400%, respectively, among of which, the proportion of organic selenium increased from 68.6% to 85.2%. Selenium fertilization significantly increased the accumulation of Se and As in rice panicle by 260% and 85%, respectively, and significantly inhibited the accumulation of Cr and Cd by 53% and 45%, respectively. But there was no significant inhibitory effect on Pb (0.05%). So Se fertilization can promote Se be transported to millde rice and bran, and can inhibit As be transferred from the branches to husk and bran. At the same time, selenium fertilization can effectively inhibit the accumulation of Cr, Cd and Pb in milled rice.

Key words: Selenium (Se); Fertilizer; Rice; Heavy metal