



刘峥宇,时妍,王译阳,等.叶面喷施硒镁营养液对水稻产量及品质的影响[J].黑龙江农业科学,2023(3):25-28.

叶面喷施硒镁营养液对水稻产量及品质的影响

刘峥宇¹,时妍²,王译阳³,刘泮漫⁴,王根林⁵,李玉梅⁴

(1.黑龙江北大荒现代农业服务集团有限公司 宝泉岭分公司,黑龙江 鹤岗 154211; 2.黑龙江省绥滨农场,黑龙江 鹤岗 156299; 3.黑龙江北大荒现代农业服务集团有限公司 新华分公司,黑龙江 鹤岗 154213; 4.黑龙江省黑土保护利用研究院,黑龙江 哈尔滨 150086; 5.黑龙江省农业科学院 行政保卫处,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进复合型功能稻米的生产,采用田间试验,在水稻灌浆初期喷施 100 mg·kg⁻¹ 的有机硒营养液(Se≥1 000 mg·kg⁻¹),并设置 5 个浓度镁处理(0,200,400,600 和 1 000 mg·kg⁻¹,分别为 M1~M5),研究叶面喷施硒镁营养液对水稻产量及稻米品质性状的影响。结果表明,单独喷施有机硒营养液,水稻产量性状、外观品质及加工品质等指标高于硒镁同施处理;当镁浓度大于 600 mg·kg⁻¹(M4)时,产量较低浓度镁处理显著降低。随着镁浓度增加,稻米的外观品质、加工品质及食味值都得到改善,当镁浓度达到 1 000 mg·kg⁻¹(M5)时稻米的完善粒最低,为 57.83%,而垩白粒率和垩白度达到最高,较其他处理平均提高 2.93 和 4.35 个百分点;高浓度镁对稻米的外观品质影响较大,对糙米率、精米率等加工品质影响较小,M4 与 M5 处理的糙米率与精米率虽较 M3 处理平均提高 2.89 和 2.05 个百分点,但整精米率较 M3 处理降低 2.59 个百分点,而碎米率提高 5.59 个百分点;硒镁同施可提高稻米中硒镁含量,增强稻米的食味值,以镁浓度为 400 mg·kg⁻¹ 时食味值综合评分较高。

关键词:有机硒;镁;稻米品质

随着生活水平的提高,人们对稻米的品质要求逐渐升级。稻米品质是一个综合的概念,包括营养品质、加工品质、外观品质等。尽管品种的遗传特性对稻米品质起主要影响,但生态条件、栽培措施等对稻米品质也有明显的影响^[1-2]。徐正进等^[3]研究表明,增施氮肥可增加稻米的蛋白含量,提高稻米的营养品质,但食味值降低。当氮肥用量达到 337.5~450.0 kg·hm⁻² 配施镁肥 225.0 kg·hm⁻²,稻米整精米率提高,垩白率降低,同时籽粒粗蛋白含量减少^[4]。将硅酸钠、硫酸镁、硫酸锌和硼砂等微量元素配施可提高稻谷的糙米率、精米率、整精米率,但其垩白率较对照提高 0.8 个百分点,着色粒较对照提高 1.1%,与此同时,结实率和穗粒数也出现降低的现象^[5]。硒(Selenium, Se)是人类和动物生长发育所必需的元素,人体缺硒可诱发心脏病、大骨节病等多种地方性疾病。目前常采用土壤施硒或叶面喷施等方式,通过植物吸收转化途径将硒富集到籽粒中以满足人或动物对硒的

需求^[6-7]。另有研究表明,水稻不同生育期叶面喷施有机硒肥,可明显提高稻米中硒含量、改善稻米的品质^[8-9]。

功能稻米作为一类特殊功能的水稻产品,是营养导向型农业、功能农业或功能食品的重要组成部分^[10-11]。为了提高水稻产量、改善稻米品质、增强稻谷中功能性微量元素的含量,满足植物生长和人体健康的需求,本研究在前期研究的基础上^[9,12],探讨了硒镁元素配施对稻米中硒镁元素含量及稻米品质的影响,为复合型功能稻米^[10]的生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年 5 月—10 月在黑龙江省绥滨农场示范园区进行,年平均降雨量 550~600 mm,平均活动积温 2 350~2 450 °C。土壤基础养分含量:碱解氮 192.5 mg·kg⁻¹,速效磷 56.2 mg·kg⁻¹,有效钾 163.0 mg·kg⁻¹,有机质 34.7 g·kg⁻¹,pH 6.4。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 以本实验室研发的微生物发酵有机硒营养液为基础营养液^[12](Se≥1 000 mg·kg⁻¹),设置 5 个浓度镁处理,其中 M1:Mg 0 mg·kg⁻¹、M2:Mg 200 mg·kg⁻¹、M3:Mg 400 mg·kg⁻¹、M4:Mg 600 mg·kg⁻¹、M5:Mg 1 000 mg·kg⁻¹,

收稿日期:2022-11-08

基金项目:国家重点研发计划(2022YFD1500305);黑龙江省博士后启动基金(LBH-Q14148)。

第一作者:刘峥宇(1988—),男,硕士,农艺师,从事农业技术推广。E-mail:120005171@qq.com。

通信作者:时妍(1989—),女,学士,高级工程师,从事土壤耕作与栽培技术研究。E-mail:sbnjk@126.com。

每处理喷施硒浓度为 100 mg·kg⁻¹,5 次重复,在水稻灌浆初期喷施。

5 月 10 日插秧,行株距为 30 cm×15 cm,每穴 3 株,每小区 10 m×3 m,种 10 行,3 次重复,各小区间用聚乙烯分隔板隔开以防混串。水稻品种为初香粳米 1 号,底肥施入 N-P₂O₅-K₂O:15-17-15(复合肥),孕穗期及扬花期均匀追施尿素总量 50~80 kg·hm⁻²。

1.2.2 测定项目及方法 水稻收获后自然风干 30 d,按《中国农业标准汇编:粮油作物卷》的标准测定品质。用 FC-2K 型实验砬谷机(YAMAMOTO,离心式)加工成糙米,用日本公司生产的 VP-32 型实验碾米机(YAMAMOTO,直立式)加工精米;垩白粒率、垩白度用日本静岡机械株式会社生产的 ES-1000 便携式品质分析仪测定;直链淀粉含量、蛋白质含量用 FOSS 公司生产的 1241 型近红外谷物分析仪测定;食味品质用日本佐竹公司(SATAKE)生产的米饭食味计(STA1A)进行测定。

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2017 进行数据处

理,SPSS 17.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同硒镁营养液处理对水稻产量性状的影响

由表 1 可知,单独喷施有机硒的 M1 处理水稻百粒重、籽粒重、产量均处于较高水平;随着叶面喷施镁浓度的增加,水稻穗粒数、实粒数、穗粒重出现先增加后降低的趋势,籽粒重和产量变化表现为随镁浓度增加而降低,百粒重在各处理间变化不大;叶面喷施镁浓度为 200 mg·kg⁻¹(M2)、400 mg·kg⁻¹(M3)处理与对照相比对水稻产量性状影响较小;当镁浓度大于 600 mg·kg⁻¹(M4)时,对水稻穗粒数、实粒数、穗粒重等指标及产量性状影响较对照差异显著,产量较低浓度镁 M1、M2 处理平均降低 15.50%,差异显著。当镁浓度达到 1 000 mg·kg⁻¹(M5)时,水稻的产量性状均达到最低,其中穗粒数、实粒数、穗粒重、产量较 M1 处理分别降低 15.38%、13.14%、26.67%和 32.82%,说明高浓度镁对水稻产量形成的抑制作用较大。

表 1 不同硒镁营养液处理对水稻产量性状的影响

处理	穗粒数/(粒·穗 ⁻¹)	实粒数/(粒·穗 ⁻¹)	百粒重/g	穗粒重/(g·穗 ⁻¹)	籽粒重/(kg·m ⁻²)	折合产量/[kg·(667 m ²) ⁻¹]
M1(CK)	161.90 a	146.90 a	2.67 a	3.90 a	0.88 a	588.0 a
M2	161.60 a	147.30 a	2.62 a	3.92 a	0.84 a	559.0 a
M3	166.50 a	143.10 a	2.62 a	3.57 b	0.81 ab	534.0 ab
M4	147.10 b	135.50 b	2.61 a	3.25 bc	0.74 b	496.5 b
M5	137.00 c	127.60 c	2.57 a	2.86 c	0.59 c	395.0 c

注:不同小写字母表示处理间在 P<0.05 水平差异显著。下同。

2.2 不同硒镁营养液处理对稻米外观品质的影响

由表 2 可知,随着镁浓度的增加,稻米外观品质发生一定变化。M1 处理稻米的垩白粒率、垩白度、变色粒、碎粒均最低,而完善粒、粒长、长宽比均最高,说明单独喷施有机硒可改善稻米的外观品

质;M3 处理稻米的外观品质优于其他浓度镁处理,碎粒和裂纹粒降低,完善粒增加;当镁浓度达到 1 000 mg·kg⁻¹(M5)时稻米的完善粒最低,为 57.83%,而垩白粒率和垩白度达到最高,较其他处理显著提高,说明高浓度镁对稻米的外观品质影响较大。

表 2 不同硒镁营养液处理对稻米外观品质的影响

处理	垩白粒率/%	垩白度/%	完善粒/%	变色粒/%	碎粒/%	裂纹粒/%	粒长/mm	粒宽/mm	长宽比
M1(CK)	2.63 c	1.27 c	71.57 a	0.07 b	24.57 b	0.53 c	5.27 a	2.27 a	2.32 a
M2	4.47 b	2.50 b	64.50 b	0.07 b	29.03 a	1.33 a	5.17 a	2.30 a	2.25 a
M3	3.30 b	1.60 c	69.77 a	0.07 b	26.23 ab	0.47 c	5.20 a	2.30 a	2.26 a
M4	2.83 c	0.97 c	62.93 b	0.20 a	34.00 a	0.97 b	5.10 a	2.30 a	2.22 a
M5	6.23 a	5.93 a	57.83 c	0.27 a	30.53 a	0.80 b	5.20 a	2.30 a	2.26 a

2.3 不同硒镁营养液处理对稻米加工品质的影响

糙米率、精米率和整精米率是稻米加工品质的主要指标,稻谷出米率越高,其经济效益越高。由表 3 可知,M1 处理稻米的加工品质较好,糙米率、精米率、整精米率分别为 80.00%、74.47%和 56.18%,其次为 M2 处理,分别为 82.92%、74.34%和 52.76%;M4 与 M5 处理的糙米率与精

米率虽较 M3 处理平均提高 2.89 和 2.05 个百分点,但整精米率较 M3 处理降低 2.59 个百分点,而碎米率提高 5.59 个百分点;所有处理由于稻米水分含量较低,导致整精米率降低而碎米率升高;各处理间蛋白质与直链淀粉含量变化不大,M3 与 M4 处理蛋白质含量较低,直链淀粉含量较高。

表 3 不同硒镁营养液处理对稻米加工品质的影响

单位: %

处理	糙米率	精米率	整精米率	水分	蛋白质	直链淀粉	碎粒率
M1	80.00 ab	74.47 a	56.18 a	9.1 a	8.1 a	15.5 b	24.57 c
M2	82.92 a	74.34 a	52.76 b	9.2 a	8.2 a	15.3 b	29.03 b
M3	78.83 b	71.31 b	52.60 b	9.1 a	7.6 a	17.1 a	26.23 c
M4	81.11 a	73.69 a	49.30 b	9.1 a	7.8 a	15.7 b	33.10 a
M5	82.32 a	73.03 a	50.73 b	9.2 a	8.2 a	15.0 b	30.53 b

2.4 不同硒镁营养液处理对稻米食味品质的影响

由表 4 可知,M3 处理稻米香气和光泽度分值均较高,分别为 7.39 和 7.22,其次为 M1 和 M5 处理,且差异不显著;稻米的完整性和味道以 M1 和 M2 处理分值较高,而口感以 M3 处理分值

较高;本试验中稻米的食味值综合得分均较低,可能与稻米水分过低有关。总体来说,稻米食味值综合评分以 M3>M1>M5>M2>M4,说明水稻叶面喷施硒镁可不同程度增强稻米的食味值。

表 4 不同硒镁营养液处理对稻米食味值的影响

单位:分

处理	香气	光泽度	完整性	味道	口感	综合
M1	7.26 a	6.86 ab	7.62 a	7.41 a	6.40 b	74.78 a
M2	7.23 a	6.25 bc	7.63 a	7.38 a	6.32 b	67.51 b
M3	7.39 a	7.22 a	7.46 a	7.32 a	7.06 a	75.07 a
M4	7.24 a	5.94 c	7.45 a	7.29 a	5.86 c	64.10 c
M5	7.29 a	6.48 b	7.54 a	7.35 a	6.41 b	68.59 b

2.5 不同硒镁营养液处理对稻米中硒镁含量的影响

由表 5 可知,叶面喷施硒镁提高了稻米中镁元素的含量,随着镁浓度的增加,稻米中镁含量出现先增加后降低的趋势,以 M4 处理稻米中镁含量最高,M1 处理最低,处理间差异显著;各处理稻米中硒平均含量为 0.18 mg·kg⁻¹,以 M1 处理硒含量最高,为 0.22 mg·kg⁻¹,M4 和 M5 处理最低,分别为 0.15 和 0.16 mg·kg⁻¹。水稻叶面喷施硒镁肥,对稻米中镁含量有促进作用,而对硒含量有抑制作用,可能由于元素间的拮抗作用,镁抑制了水稻对硒的吸收。

表 5 不同硒镁营养液处理对稻米中硒镁元素含量的影响

处理	硒/(mg·kg ⁻¹)	镁/(mg·kg ⁻¹)
M1	0.22 a	141 d
M2	0.17 ab	295 c
M3	0.19 a	394 b
M4	0.15 b	514 a
M5	0.16 b	408 b

3 讨论

镁是构成植物叶绿素的重要成分,对水稻产量和品质均有一定的影响。水稻穗数和结实率的增加是镁对水稻产量影响的主要表现。钱永德^[13]研究发现,少量施用镁肥能够增加穗数和每穗粒数,镁充足还会增强水稻的光合作用及产物的积累,增加粒重,从而提高水稻产量。杨文祥等^[14-15]研究发

现,施镁肥可降低水稻垩白粒率和垩白度,提高稻米镁含量。氮镁适当配合可以调节籽粒的粗蛋白含量,当氮水平达到 337.5 kg·hm⁻²,配合施用镁肥籽粒粗蛋白含量平均下降 5.4%^[4]。王永冰等^[16]认为随着镁施用量的增加,米饭食味值评分增加,但当镁肥施用量大于 240 kg·hm⁻²时,米饭食味值评分降低,说明镁肥过量施用影响稻谷的品质,与本研究随着叶面喷施镁浓度的增加,稻米产量出现降低趋势,食味值发生变化的研究结果一致。

元素配施不仅可以发挥每一种元素对水稻生长发育的促进作用,还相互影响水稻对元素的吸收,共同调节养分供应,调控植株的营养状况,改善稻米品质。李军等^[17]研究表明,孕穗期镁肥、锌肥配施能够改善南粳 9108 的加工品质和营养品质,但是外观品质和蒸煮食味品质都比镁肥、锌肥单独施用差。本研究表明,当硒浓度一定时,叶面施镁浓度为 400 mg·kg⁻¹时稻米的外观品质较好,完善粒增加,碎粒、裂纹粒降低,稻米的食味值较高。当镁浓度达到 1 000 mg·kg⁻¹时,稻米食味值高于镁浓度为 200 和 600 mg·kg⁻¹的处理,一方面与水稻品种有关^[15],一方面受元素间的拮抗作用影响^[18]。同时由于本试验中稻谷含水量较低,所以对稻米的加工及食味品质有一定的影响。今后对于功能性稻谷的生产,需适当、合理配比微量元素用量,在保证产量的前提下,综合提高稻米的品质。

4 结论

叶面同时喷施硒镁可增加稻米中镁元素含量, 镁肥施用过可降低产量, 影响稻米品质。综合稻米品质表现, 单独喷施有机硒营养液效果好于硒镁同时施用, 若硒镁同时施用, 建议硒浓度为 $100 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 镁浓度为 $200 \sim 400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 对稻米的产量及品质改善效果较好。

参考文献:

- [1] 倪善君. 影响稻米品质的因素及对策[J]. 垦殖与稻作, 2003(1): 47-49.
- [2] 柳金来, 宋继娟, 周柏明, 等. 氮肥施用量与水稻品质的关系[J]. 土壤肥料, 2005(1): 17-19.
- [3] 徐正进, 陈温福, 马殿荣, 等. 辽宁水稻食味值及其与品质性状的关系[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 1092-1094.
- [4] 钱永德, 左豫虎, 郑桂萍, 等. 氮镁耦合对寒地早粳龙梗 20 商品品质影响[J]. 核农学报, 2013, 27(1): 118-125.
- [5] 刘术同, 钱永德. 龙梗 31 硅、镁、锌、硼施用效果示范总结[J]. 现代化农业, 2016(6): 17-19.
- [6] 周鑫斌, 施卫明, 杨林章. 叶面喷施对水稻子粒硒富集及分布的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(1): 73-78.
- [7] 周鑫斌, 施卫明, 杨林章. 水稻子粒硒累积机制研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(3): 503-507.

- [8] 朱文东. 叶面喷施有机硒肥对稻米硒含量及品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(8): 1764-1767.
- [9] 李玉梅, 王根林, 李艳, 等. 水稻对有机态硒的吸收与积累[J]. 中国农学通报, 2017, 33(10): 7-11.
- [10] 赵其国, 尹雪斌, 孙敏, 等. 2008—2018 年功能农业的理论发展与实践[J]. 土壤, 2018, 50(6): 1061-1071.
- [11] 胡时开, 胡培松. 功能稻米研究现状与展望[J]. 中国水稻科学, 2021, 35(4): 311-325.
- [12] 李玉梅, 王根林, 刘峥宇, 等. 富硒酿酒酵母的选育及优化培养[J]. 中国农学通报, 2016, 32(26): 1-5.
- [13] 钱永德. 氮镁肥对水稻产量和品质的影响研究[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2012.
- [14] 杨文祥, 王强盛, 王绍华, 等. 镁肥对水稻镁吸收与分配及稻米食味品质的影响[J]. 西北植物学报, 2006(12): 2473-2478.
- [15] 杨文祥, 李刚华, 王强盛, 等. 镁对稻米食味品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2007, 23(3): 166-171.
- [16] 王永冰, 程海涛, 马兆慧. 施镁对不同食味梗稻品种的品质影响[J]. 河北农业大学学报, 2020, 43(3): 23-29.
- [17] 李军, 邓先亮, 朱兴敏, 等. 镁锌肥施用时期对优质软米梗稻产量及稻米中 6 种元素吸收的影响[J]. 中国稻米, 2018, 24(4): 57-63.
- [18] 魏晓东, 张亚东, 宋雪梅, 等. 硅镁锌肥改善稻米品质的研究进展[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(3): 783-788.

Effects of Spraying Selenium and Magnesium Nutrient Solution on Yield and Quality of Rice

LIU Zhengyu¹, SHI Yan², WANG Yiyang³, LIU Fengman⁴, WANG Genlin⁵, LI Yumei⁴

(1. Baoquanling Branch, Heilongjiang Beidahuang Modern Agricultural Service Limited Company, Hegang 154211, China; 2. Heilongjiang Suibin Farm, Hegang 156299, China; 3. Xinhua Branch, Heilongjiang Beidahuang Modern Agricultural Service Limited Company, Hegang 154213, China; 4. Heilongjiang Institute of Black Soil Protection and Utilization, Harbin 150086, China; 5. Administrative Security Department, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to promote the production of complex functional rice, a field experiment was carried out to study the effects of foliar spraying of selenium and magnesium nutrient solution on yield and quality traits of rice by spraying $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ organic selenium nutrient solution ($\text{Se} \geq 1\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) at the early stage of rice filling and setting five magnesium concentrations (0, 200, 400, 600 and $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, M1-M5). The results showed that the yield traits, appearance quality and processing quality of rice treated with organic selenium nutrient solution alone were higher than those treated with selenium and magnesium; The yield of treatment with magnesium concentration greater than $600 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (M4) was significantly lower than that of treatment with low magnesium concentration. With the increase of magnesium concentration, the appearance quality, processing quality and taste value of rice were improved. When the magnesium concentration reached $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (M5), the perfect grain of rice was the lowest, 57.83%, while the chalkiness rate and chalkiness reached the highest, with an average increase of 2.93 and 4.35 percentage points compared with other treatments; High concentration of magnesium had a greater impact on the appearance quality of rice, but had a smaller impact on the processing quality such as brown rice rate and milled rice rate. Although the brown rice rate and milled rice rate of M4 and M5 treatments were 2.89 and 2.06 percentage points higher than that of M3 treatments, the head rice rate was 2.59 percentage points lower than that of M3 treatment, while the broken rice rate was 5.59 percentage points higher than that of M3 treatment; Simultaneous application of selenium and magnesium could increase the content of selenium and magnesium in rice and enhance the taste value of rice. The comprehensive score of taste value was higher when the concentration of magnesium is $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Keywords: organic selenium; magnesium; rice quality