

王 凯,包 立,栗 丽,等. 土壤外源补硒对油菜硒吸收转运累积的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(13):79–84.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.13.015

土壤外源补硒对油菜硒吸收转运累积的影响

王 凯^{1,2}, 包 立^{1,2}, 栗 丽³, 谭福民^{1,2}, 孟令宇^{1,2}, 张乃明^{1,2}

(1. 云南农业大学,云南昆明 650201; 2. 云南省土壤培肥与污染修复工程实验室,云南昆明 650201

3. 山西农业大学,山西太谷 030800)

摘要:硒与人体健康密切相关,对于土壤缺硒的区域,通过外源补硒是否可以产出富硒农产品成为近期研究的热点。盆栽试验采用完全随机区组设计,以油菜为研究对象,以硒酸钠、亚硒酸钠作为 2 种形态的硒源,共设 Se_0 、 Se_1 、 Se_2 、 Se_3 、 Se_4 等 5 个处理水平,硒添加量分别为 0、0.5、1.0、2.0、4.0 mg/kg,每个处理设 3 次重复,研究土壤外源补硒对油菜硒吸收转运累积的影响。结果表明,在硒酸钠处理下,有利于提高油菜生物量、硒含量和转运系数等各项指标,2.0 mg/kg 为硒酸钠处理的最适浓度,此时油菜硒含量为 0.12 mg/kg,达到 GH/T 1135—2017《富硒农产品》中规定的 0.10~1.00 mg/kg(蔬菜类以干质量计)。由此可见,可以通过土壤外源补硒达到培育富硒油菜的目的。

关键词:硒;油菜;产量;转运系数;外源补硒

中图分类号: S634.306 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)13-0079-05

硒(Se)是人体必需的微量元素,人体的健康与否与硒含量息息相关^[1-3]。研究发现,人体的 40 多种疾病与缺硒有关^[4],人体缺硒会造成贫血、癌症、肝炎、脑血管疾病、白内障、心肌变性、肌营养不良等^[5-7]。在多种补硒方法中,通过饮食来补充硒的方式被广泛关注^[8],通过日常饮食如粮食作物、蔬菜等来摄取微量元素硒,因此,提高作物中的硒水平显得尤为重要^[9]。土壤中硒的存在形式多种多样,有 Se^{2-} 、 Se^0 、 Se^{4+} 、 Se^{6+} 等,各种价态的硒均能够促进作物的生长^[10],不同形态及浓度的外源硒肥对不同作物中硒的吸收和转运的影响不同^[11-16]。作物可以将土施或叶面喷施的无机硒转化为有机硒^[17],人体通过土壤-植物-生物体这一链条来补充硒,而植物在这一过程中对硒的吸收转运受到许多因素的影响^[18]。油菜是十字花科富硒作物,在我国的种植面积和产量均居世界首位。目前,关于硒对油菜影响的研究很多,外源添加硒肥对油菜各方面指标及产量都有影响^[19-21],油菜通过对硒盐的吸收转运,将其转化为有机硒,既可以作为蔬菜、菜籽油供人体摄取,又可以实现对油菜合理高效的利

用,从而更充分发挥这一富硒作物的价值。

我国除湖北恩施、陕西紫阳是富硒地区外,全国约有 3/4 的面积属于低硒、缺硒地区,特别是从东北到西南走向形成了一条低硒带,涉及 22 个省的 751 个县(市),影响人口约 7 亿人^[22]。中国营养学会调查报告显示,中国营养学会、国际硒学会推荐的硒日最低摄入量分别为 50、60 μg ^[23],我国成人每日硒摄入量仅为 26.63 μg ,分别仅达到最低推荐量的 53.26%、44.38%。在人们开发各类富硒农产品的过程中,如何在农业生产中通过硒肥施用来提高作物硒含量和产量值得思考。本研究通过盆栽试验,研究外源补硒对油菜生长及硒吸收转运累积的影响,旨在分析硒在油菜体内的含量及分配,以期阐明硒在油菜中的吸收转运机制,更好地发挥富硒作物的作用。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤为石灰性褐土,其基本理化性状如下:pH 值 7.63,有机质含量 7.12 mg/kg,速效氮含量 81.51 mg/kg,速效磷含量 8.51 mg/kg,速效钾含量 93.59 mg/kg,Se 含量 0.133 mg/kg。

供试作物为甘蓝型油菜,品种为四月蔓,全生育期为 40 d。供试硒源为硒酸钠和亚硒酸钠。

1.2 试验方案

盆栽试验于 2018 年 4 月 15 日在山西农业大学

收稿日期:2020-08-29

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFD0201208-2)。

作者简介:王 凯(1995—),男,山西长治人,硕士研究生,从事土壤培肥与污染修复研究。E-mail:1535597053@qq.com。

通信作者:张乃明,博士,教授,博士生导师,主要从事土壤培肥与污染修复等研究工作。E-mail:zhangnaiming@sina.com。

资源与环境学院日光温室内进行。采用完全随机区组设计,共设 Se_0 、 Se_1 、 Se_2 、 Se_3 、 Se_4 等 5 个处理水平,硒添加量分别为 0、0.5、1.0、2.0、4.0 mg/kg,每个处理 3 次重复,随机排列。

所用塑料盆的规格为 27.5 cm × 18 cm,每盆装风干土 5 kg,分别施入 25 g 有机肥、0.25 g 氮(N)、0.5 g P_2O_5 、0.4 g K_2O 作基肥(有机肥为腐熟的鸡粪,化肥分别为尿素、过磷酸钙、硫酸钾)。各处理按照设定浓度将硒溶液均匀喷入土壤,与土混合均匀后装盆,保持土壤含水量为田间持水量的 70%,充分混匀后,平衡 2 周。每盆播种 15 粒,1 周后间苗至 5 株。油菜生长期间每天根据实际情况定量浇水,使土壤含水量保持在田间持水量的 70%。在油菜收获期一次性采收,用于各项指标的测定。

1.3 样品的采集与测定

植株样品于收获时一次性采收,带回实验室后先用自来水冲洗干净,再用蒸馏水洗涤,洗净的油菜样品用吸水纸吸干表面残留的水分后将植株地上部、地下部分开,分别装于纸袋中。部分植株样品称鲜质量后,在烘箱中于 105 ℃ 杀青 2 h,再于 55 ~ 60 ℃ 烘干至恒质量,分别测定油菜地上部、地下部干质量,将油菜样品粉碎后测定其硒含量。

各指标的测定方法如下:土壤理化性质用常规方法测定;油菜植株干物质质量采用烘干称质量法测定;植株硒含量采用氢化物发生-原子荧光光谱法测定,先用 HNO_3-HClO_4 (体积比为 4:1) 消解,再

用 6 mol/L 盐酸还原;根系活力用 2,3,5-三苯基氯化四氮唑(TTC)法测定。相关公式如下:

转运系数 = 油菜地上部硒含量/油菜地下部硒含量;

地上部或地下部吸收效率 = (地上部或地下部硒含量 × 生物量)/(土壤中硒含量 × 土壤质量) × 100%。

1.4 数据处理与分析

用 Excel 2010、SPSS 18.0 统计软件进行数据处理及统计分析。

2 结果与分析

2.1 外源补硒对油菜生长的影响

2.1.1 外源补硒对油菜生物量的影响 由图 1、图 2、图 3 可以看出,不同硒处理水平对油菜地上部生物量、地下部生物量、总生物量的影响基本一致。在硒酸钠的 Se_1 、 Se_2 处理下,植株产量与对照(Se_0)相比显著上升;在 Se_3 、 Se_4 处理下,植株产量则较对照有所下降。在硒酸钠的 Se_1 处理下,油菜各项指标均达到最大值, Se_2 处理的根鲜质量相对于 Se_1 处理显著下降,而枝鲜质量、总鲜质量无显著差异。在 Se_4 处理下,枝鲜质量、总鲜质量均显著低于未施硒对照,但同处理下的根鲜质量与对照相比差异不显著。在亚硒酸钠处理下,各指标均显著高于对照,均在 Se_3 处理下达到最大值,与对照相比差异显著,与 Se_4 处理间差异不显著。

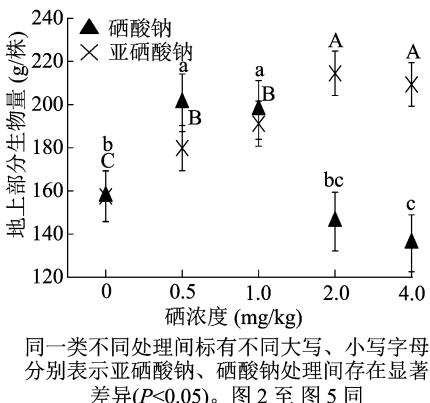


图1 不同硒水平下油菜地上部生物量的变化

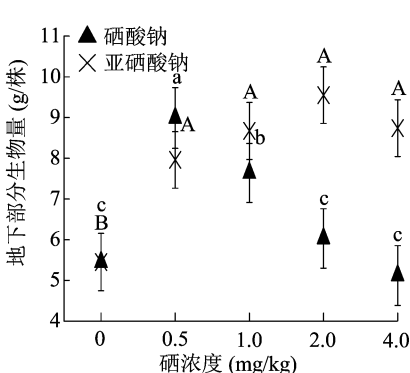


图2 不同硒水平下油菜地下部生物量的变化

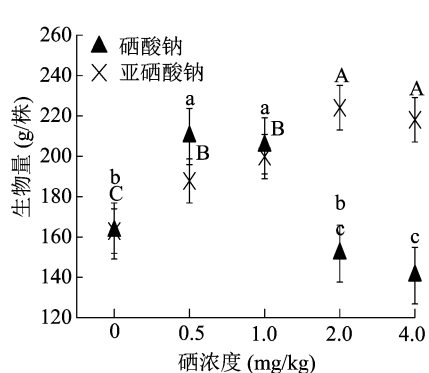


图3 不同硒水平下油菜总生物量的变化

2.1.2 外源补硒对油菜生长的影响 如图 4 所示,在不同硒水平处理下,各处理油菜的根冠比与对照相比均显著提高,但在 2 种不同硒盐处理下的变化趋势明显不同,在硒酸钠的 Se_1 处理下出现峰值,除 Se_0 处理外,其他各处理间的根冠比均未表现出显著差异。在亚硒酸盐处理下,油菜根冠比随处理浓

度的增加而不断增大,但 Se_1 处理与 Se_0 处理相比差异不显著,其他 3 个处理与 Se_0 处理相比差异显著,但 3 个处理间无显著差异。

如图 5 所示,在硒酸钠处理下,在 Se_2 处理下根系活力达到峰值,之后随着硒酸盐处理浓度的上升,根系活力下降,除在 Se_4 处理下根系活力低于对

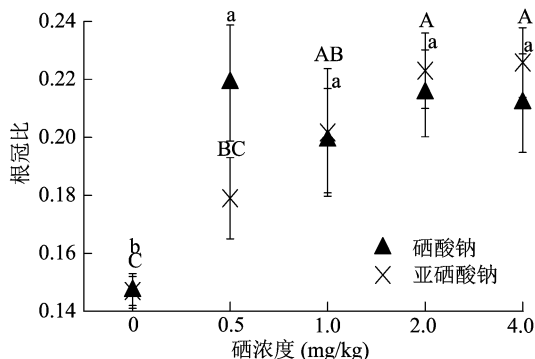


图4 不同硒水平处理下油菜根冠比的变化

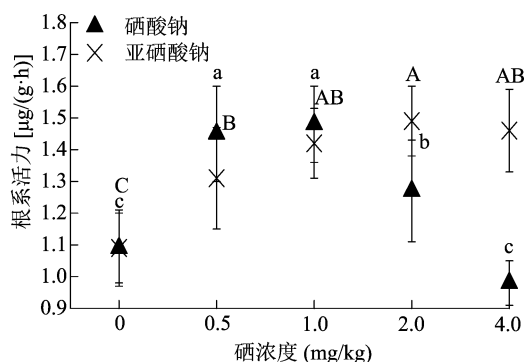


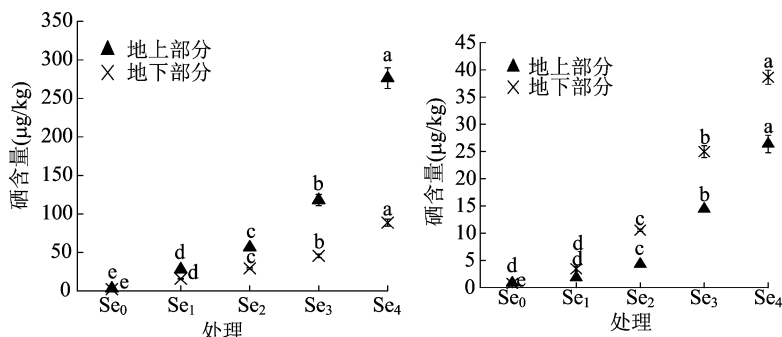
图5 不同硒水平下油菜根系活力的变化

照但表现不显著外,其余3个处理的根系活力均显著高于对照。在亚硒酸盐处理下,根系活力随处理浓度的增加表现出缓慢上升的趋势,在 Se_3 处理下达到最大值,且与对照相比差异显著,与 Se_2 、 Se_4 处理无显著差异。

2.2 外源补硒对油菜硒含量及转运系数的影响

2.2.1 外源补硒对油菜地上部和地下部硒含量的影响

如图6所示,随着硒含量的升高,油菜地上部、地下部硒含量都呈上升趋势,且均在 Se_4 处理时达到最大值。在不同硒酸钠处理间,油菜硒含量差



a. 硒酸钠处理下对油菜地上部、地下部硒含量的影响

b. 亚硒酸钠处理下对油菜地上部、地下部硒含量的影响

不同字母表示在同一部位处理间存在显著差异($P < 0.05$), 图7至图9同

图6 外源补硒对油菜地上和地下部硒含量的影响

异显著,与对照组相比, Se_4 处理地上部硒含量增加了 87.57 倍,地下部硒含量增加了 36.43 倍。在亚硒酸钠不同含量处理下,油菜地上部、地下部各处理间硒含量差异显著;与对照处理相比,地上部硒含量增加了 1.13 ~ 29.67 倍,地下部硒含量增加了 3.59 ~ 50.53 倍, Se_4 处理下地上部、地下部硒含量均达到最大值,分别为 26.67、38.56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。在硒酸钠处理下, Se_3 和 Se_4 处理油菜地上部分硒含量分别为 118.02、276.34 $\mu\text{g}/\text{kg}$,均达到 GH/T 1135—2017《富硒农产品》中规定的 0.10 ~ 1.00 mg/kg。由此可见,在同一水平下,硒酸钠处理对油菜地上部、地下部硒含量的提升效果比亚硒酸钠更好。

2.2.2 外源补硒对油菜硒转运系数的影响

油菜硒转运系数指油菜的地上部硒含量与地下部硒含量之比,表示硒从地下部分向地上部分运输和富集的能力^[24]。从图7可以看出,随着硒酸钠含量的不断提高,硒的转运系数也相应增大,在 Se_4 处理处达到最大值,与对照相比差异显著。施硒处理的转运系数 > 1 ,表明油菜对硒主要富集在地下部分。与对照相比, Se_1 、 Se_2 、 Se_3 、 Se_4 处理的硒转运系数分别增加了 7.83%、12.65%、57.23%、89.76%,且处理 Se_0 、 Se_1 、 Se_2 之间无显著差异; Se_4 处理的硒转运系数比 Se_3 处理提高了 20.69%,且二者之间存在显著差异($P < 0.05$)。与对照组相比,亚硒酸钠各处理的油菜硒转运系数差异显著, Se_0 处理的油菜转运系数达到最大值,为 1.64;随着亚硒酸钠含量的升高,硒转运系数先显著降低后显著升高,油菜根部转运硒至地上部的能力显著降低,说明外源添加硒酸盐对油菜硒的转运效果更好。

2.3 外源补硒对油菜硒积累量及吸收率的影响

2.3.1 外源补硒对油菜地上部和地下部分硒积累

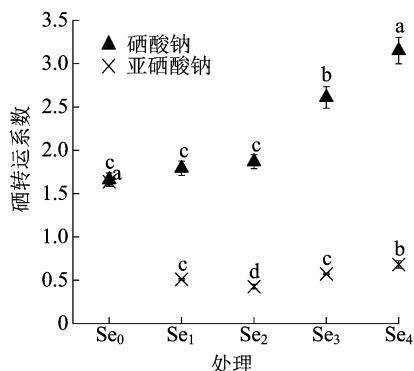


图7 不同硒盐处理下油菜硒转运系数的变化

量的影响 如图 8 所示,随着土壤中硒盐含量的增加,油菜地上部、地下部硒积累量都有所上升,且都在 Se_4 处理下达到最大值。在硒酸盐的 Se_4 处理下,与对照相比,油菜地上部硒的积累量增加了 77.14 倍,地下部硒的积累量增加了 4.55 倍,各处理间差异显著。在硒酸钠的同一浓度处理下,地上部硒的积累量是地下部的 1.01 ~ 14.22 倍,两者之间差异明显,表明油菜体内硒的积累量主要集中在地上部。亚硒酸钠处理与硒酸钠处理油菜地上部、地下部硒积累量的趋势类似,各处理间差异显著,且在 Se_4 处理下油菜地上部硒积累量达到最大值,为 207.52 $\mu\text{g}/\text{株}$,为对照组的 34.88 倍,地下部硒积累量也达到最大值,为 62.86 $\mu\text{g}/\text{株}$,是对照组的 92.44 倍。由此可见,硒酸钠对油菜地上部、地下部

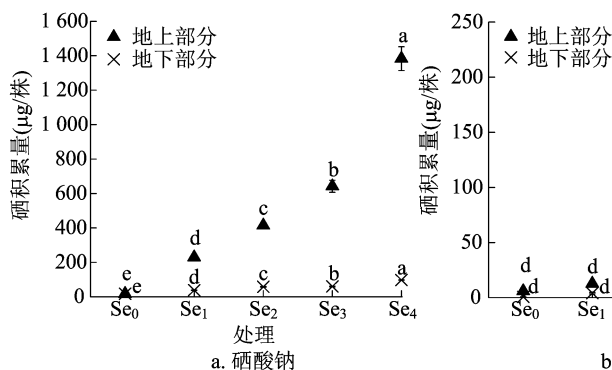


图8 不同硒盐处理下油菜地上、地下部硒积累量的变化

硒积累量的提升效果较好。

2.3.2 外源补硒对油菜硒吸收率的影响 油菜对土壤中硒酸盐的吸收方式为主动运输,不需要能量^[15],吸收率取决于油菜根细胞对于硒的选择性吸收。由图 9 可知,在硒酸钠处理下,硒的吸收率在 Se_1 处理下最高,达到 44.53%,与对照组相比增加了 9.45 倍,之后呈下降趋势。 Se_1 处理的吸收率与 Se_2 、 Se_3 、 Se_4 处理相比分别增加了 8.14%、38.21%、28.44%。在亚硒酸钠处理下,油菜对硒的吸收率随着亚硒酸钠浓度的增加先显著升高后显著下降,在 Se_3 处理下达到最大值,占施入硒总量的 6.01%。结果表明,在硒酸钠处理下,油菜硒的吸收率相对较高,说明当施入硒酸钠时,低浓度的硒会提高油菜对硒的吸收率,高浓度的硒会抑制其对硒的吸收率。

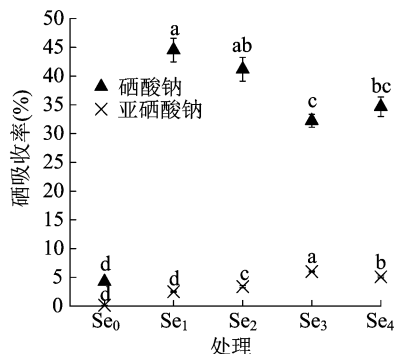


图9 不同硒盐处理下油菜吸收率的变化

3 讨论

3.1 外源补硒对油菜生物量的影响

朱祝军等的研究表明,当营养液中加入低浓度硒(Se 浓度 $\leq 1.0 \text{ mg/L}$)时,促进了小白菜的生长,加入高浓度硒(Se 浓度 $\geq 2.5 \text{ mg/L}$)则抑制了小白菜的生长^[25]。Biacs 试验发现,硒在低浓度时对胡萝卜产量有益,而高浓度则有有害作用^[26]。本试验结果与之一致,在硒酸盐的 Se_1 、 Se_2 处理下,油菜生物量、根冠比、根系活力显著高于对照处理,在较低含量下就可以表现出最大增产效果,而在高含量 Se_4 处理下,油菜枝鲜质量、总鲜质量显著低于对照,原因可能是 Se_4 处理对油菜有毒害作用,使油菜的根系活力下降,抑制了油菜生物量的累积。油菜根冠比没有随着施硒水平的上升而出现明显变化,但是油菜根部生物量累积的变化小于鲜质量的变化,可能由于根对硒酸盐处理的耐受性更高。亚硒酸盐与硒酸盐处理的油菜增产效果相仿,但油菜对

亚硒酸盐处理的生理效应区间($0 \sim 2 \text{ mg/kg}$)更大,在高水平(Se_4 处理)下依旧对油菜表现出显著的增产;根冠比与生物量的变化一致,根部质量增加明显高于地上部。刘媛媛等研究发现,以亚硒酸盐形式被植物吸收的硒主要停留在根部^[27],表明 Se^{4+} 可能在根部发生某种形式的聚集。在不同含量硒处理下,油菜根系活力变化与鲜质量水平的变化基本一致,这与郭璐的试验结果相一致,表明 2.5 mg/kg 亚硒酸盐对作物生长有一定的促进作用^[28]。

3.2 外源补硒对油菜硒积累量及吸收转运的影响

硒酸钠、亚硒酸钠处理都可以促进油菜地上部、地下部硒含量和积累量的提高,该试验结果与赵文龙等的研究结果^[29-31]一致。在硒酸钠的 Se_3 、 Se_4 处理下,油菜均可达到富硒食用农产品的硒含量指标,而亚硒酸钠均没有达到富硒农产品标准。在硒酸钠处理下,油菜地上部硒含量始终高于地下部,但转运系数变化不大, Se_0 、 Se_1 、 Se_2 处理间无显著差异,原因可能是地上部、地下部硒含量同时增

大。周成河等研究发现,一定浓度的硒溶液对藤茶硒含量有促进作用,达到一定浓度时,硒的转运系数变化不再明显^[32]。亚硒酸钠则相反,转运系数除对照外都小于 1,这也是在亚硒酸钠处理下油菜地下部硒含量高于地上部的原因。相比之下,硒酸钠处理的油菜硒累积量效果更好,硒酸钠 Se_4 处理的地上部硒累积量是亚硒酸钠 Se_4 处理的 6.66 倍,吸收率在 Se_1 处理下达到最高值,且随着浓度升高逐渐下降,可能是高浓度硒对油菜根部生长起抑制作用,从而降低了油菜对硒的吸收率,在亚硒酸钠处理下,吸收率也出现了类似趋势,在 Se_3 处理下吸收率达到最大值。Li 等通过研究发现,低浓度的硒能够促进植物根尖细胞的分裂,从而加快根的生长速度,而高浓度的硒会降低植物根细胞的分裂速度,对根的生长起抑制作用^[33]。

4 结论

2 种硒盐均具有促进油菜生物量累积的作用,当硒酸盐处理浓度为 0.5、1.0 mg/kg 时,对油菜生物量的提升效果明显,但未达到富硒农产品硒含量的标准,亚硒酸盐对油菜生物量的提升效果相对较缓慢。

硒酸钠对油菜硒含量的提升效果明显,当用量为 2.0、4.0 mg/kg 时,油菜均可达到富硒食用农产品标准,硒酸钠含量为 2.0 mg/kg 时的效果最好,此时油菜硒含量达到 0.12 mg/kg。在硒酸钠处理下,油菜硒主要富集在地下部,转运系数大于 1,且随着硒酸钠浓度的增加而加大,最大增幅率为 89.94%。不同含量的硒酸钠大幅度提升了油菜地上部、地下部硒累积量,与对照相比最多分别增加了 77.14、4.55 倍。亚硒酸钠处理后,油菜地下部转运硒至地上部的能力较弱,只有小部分转运至地上部,大部分积累在根部。

参考文献:

- [1] Schwarz K, Foltz C M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration [J]. Journal of the American Chemical Society, 1957, 79: 3292 – 3293.
- [2] Rotruck J, Pope A, Ganther H, et al. Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase [J]. Science, 1973, 179: 588 – 590.
- [3] Toan D Q. 有机肥施用对土壤-植物体系中硒生物有效性的影响及其机理 [D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2019.
- [4] Rayman M P. Selenium and human health [J]. Lancet, 2012, 379: 1256 – 1268.
- [5] 乔 斌. 黄芪对硒的富集转运特性研究 [D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [6] Combs G F. Selenium in global food systems [J]. British Journal of Nutrition, 2001, 85: 517 – 547.
- [7] Méplan C, Hesketh J. The influence of selenium and selenoprotein gene variants on colorectal cancer risk [J]. Mutagenesis, 2012, 27: 177 – 186.
- [8] 贾朝佩. 作物对外源硒的吸收效果及外源硒对作物生物量的影响研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学, 2010.
- [9] 黄青青. 水稻和小麦对硒的吸收、转运及形态转化机制 [D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [10] Fernández – Martínez A, Charlet L. Selenium environmental cycling and bioavailability: a structural chemist point of view [J]. Rev Environ Sci Biol, 2009, 8 (1): 81 – 110.
- [11] Banuelos G S, Lin Z Q. Phytoremediation management of selenium – laden drainage sediments in the San Luis Drain: a greenhouse feasibility study [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 62 (3): 309 – 316.
- [12] Keskinen R, Turakainen M, Hartikainen H. Plant availability of soilselenate additions and selenium distribution within wheat and ryegrass [J]. Plant and Soil, 2010, 333 (1/2): 301 – 313.
- [13] Panfili F, Manceau A, Sarret G, et al. The effect of phytostabilization on Zn speciation in a dredged contaminated sediment using scanning electron microscopy, X – ray fluorescence, EXAFS spectroscopy, and principal components analysis [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2005, 69 (9): 2265 – 2284.
- [14] 张 妮. 不同价态外源硒对小麦硒吸收与转运的影响 [D]. 石河子: 石河子大学, 2016.
- [15] 王晓芳, 陈思杨, 罗 章, 等. 植物对硒的吸收转运和形态转化机制 [J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31 (6): 539 – 544.
- [16] 杨纯光, 邓正春, 谢 辉, 等. 油菜富硒高产栽培技术 [J]. 作物研究, 2017, 31 (7): 789 – 790, 802.
- [17] 滕世辉, 李晓霞, 曹洪祥, 等. 叶面喷硒对稻米产量和含硒量影响研究初报 [J]. 农学学报, 2015, 5 (11): 1 – 3.
- [18] 李金峰, 聂兆君, 赵 鹏, 等. 土壤-植物系统中硒营养的研究进展 [J]. 南方农业学报, 2016, 47 (5): 649 – 656.
- [19] 段曼莉. 4 种蔬菜对不同价态外源硒吸收、转运和生物有效性差异的研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [20] 张 驰, 周大寨, 吴永尧, 等. 硒对油菜苗期生长和生理生化指标的影响 [J]. 湖北农业科学, 2007, 46 (3): 363 – 365.
- [21] 陈火云, 王加冕, 汪 欢, 等. 硒叶面肥对油菜农艺性状、产量和籽粒硒含量影响的初步研究 [J]. 长江大学学报 (自然版), 2018, 15 (2): 5 – 8, 4.
- [22] 王红艳. 微量元素硒的生理功能综述 [J]. 宿州师专学报, 2003 (3): 77 – 79.
- [23] 周勋波, 吴海燕, 洪延生, 等. 作物施硒研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2002 (6): 45 – 50.
- [24] 姜超强, 沈 嘉, 徐经年, 等. 不同富硒土壤对烤烟生长及硒吸收转运的影响 [J]. 西北植物学报, 2014, 34 (11): 2303 – 2308.
- [25] 朱祝军, 钱琼秋. 硒对小白菜生长和养分吸收的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9 (3): 353 – 358.

王康君,陈 凤,樊继伟,等. 不同小麦品种(系)鲜食性评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(13):84-88.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.13.016

不同小麦品种(系)鲜食性评价

王康君,陈 凤,樊继伟,郭明明,张广旭,谭一罗,李晓峰,孙中伟,张梦涵

(连云港市农业科学院,江苏连云港 222000)

摘要:为丰富小麦的加工利用途径,提出鲜食小麦评价标准,以籽粒颜色差异明显的小麦品种(系)为材料,对鲜食采收期食味性及营养品质进行分析比较。结果表明,乳熟期小麦籽粒鲜质量、含水量及各种物质积累均处于动态变化中,花后 21~28 d 是鲜食小麦采收的最佳时期,开花早的品种适宜的采收期相对更长;鲜食小麦籽粒中的可溶性糖、微量元素(Fe、Mn、Cu、Zn)、总黄酮及膳食纤维等含量高于面粉中对应成分含量,且品种间存在显著的差异。本研究所测品质指标表现为彩色小麦优于白粒小麦,即彩色小麦较普通白粒小麦更适宜作为相关营养保健类鲜食小麦产品。

关键词:小麦;鲜食;品种;评价;彩色小麦

中图分类号: S512.103.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)13-0084-05

小麦是我国第二大粮食作物,小麦产量的高低、品质的优劣对我国农业生产的可持续发展及保证粮食安全具有重大影响。随着经济的发展和社会的进步,人们对主粮的需求已不再满足于温饱,对于主食多样化、营养化的需求越来越高,除了传统面制品的开发,小麦淀粉^[1]、麸皮^[2]、胚芽^[3]的综合利用也开展了更多研究,此外,还有不少研究者针对鲜食小麦进行了开发利用研究。不同于传统的面粉加工,鲜食小麦的取食对象为乳熟期的青麦仁,如将青麦仁粉作为配粉制作面包、面条,作为全粉进行饼干的制作,或直接将青麦仁用于菜肴的加工等^[4-7]。现有研究较多集中于鲜食小麦的加工作

艺,对于鲜食小麦品种的选择尚未见详细报道,本研究对鲜食小麦采收期、鲜食期食味性及营养品质进行了分析比较,以期形成鲜食小麦的评价标准并推动鲜食小麦的进一步发展提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用 6 个籽粒颜色不同的小麦品种(系),包括 2 个白粒小麦品种(系)(连麦抗 1、连麦 6 号),2 个蓝粒小麦品系(CM-L3、CM-L6),2 个紫粒小麦品系(CM-Z2、CM-Z3),其中连麦抗 1、CM-L3 和 CM-Z2 开花期早于另 3 个品种(系)。

1.2 试验设计

试验于 2018—2019 年在连云港市农业科学院东辛农场试验基地进行,试验田前茬为旱茬,土壤有机碳含量为 21.64 g/kg,总氮含量为 2.4 g/kg,总磷含量为 1.8 g/kg,总钾含量为 15.7 g/kg,土壤 pH 值为 7.85,可溶性盐含量为 0.98 mg/g。

试验采取随机区组设计,3 次重复。播种期为

收稿日期:2020-11-20

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(18)3010];连云港市农业科学院青年科研基金(编号:QNJJ1914)。

作者简介:王康君(1988—),女,江苏连云港人,硕士,助理研究员,主要从事小麦育种与栽培研究。E-mail:kjwang13@163.com。

通信作者:樊继伟,副研究员,主要从事小麦育种与栽培研究。E-mail:fantrta@163.com。

[26] Biacs P A, Daoud H G, Kodar I. Effect of Mo, Se, Zn and Cr treatments on the yield, element concentration and carotenoid content of carrot[J]. J Agric Food Chem, 1995, 43: 589-591.

[27] 刘媛媛,孟凡乔,吴文良,等. 植物中硒的含量、影响因素及形态转化研究[J]. 农业资源与环境学报, 2014, 31(6): 533-538.

[28] 郭 璐. 作物对外源硒酸盐和亚硒酸盐动态吸收的差异及其机制研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2014.

[29] 赵文龙,胡 斌,王嘉薇,等. 磷与四价硒的共存对小白菜磷、硒吸收及转运的影响[J]. 环境科学学报, 2013, 33(7): 2020-2026.

[30] 王海波,王孝娣,毋应龙,等. 设施葡萄对硒的吸收运转及积累特性[J]. 果树学报, 2011, 28(6): 972-976.

[31] 王玉荣,贾 玮,胡承孝,等. 油菜硒的富集特征及其与土壤硒的关系[J]. 环境科学学报, 2018, 38(1): 336-342.

[32] 周成河,许 敏,顿春奎,等. 硒肥浓度对藤茶硒含量及生长发育的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(2): 127-131.

[33] Li H F, Mc Grath S P, Zhao F J. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite[J]. New Phytologist, 2008, 178: 92-102.