



姜吉梁,刘有清,磨冬枝,等.江西不同类型甘薯富硒高产品种筛选[J].江西农业大学学报,2023,45(5):1129–1137.
JIANG J L,LIU Y Q,MO D Z,et al.Screening of selenium-enrichment and high-yield varieties of different types sweet potato in Ji-
angxi Province[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2023,45(5):1129–1137.

江西不同类型甘薯富硒高产品种筛选

姜吉梁¹,刘有清¹,磨冬枝¹,陈 涵¹,程建峰¹,曾勇军¹,刘 瑛^{2*},曾研华^{1*}

(1.江西农业大学 作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室,江西 南昌 330045;2.江西省宜春市硒资源利用中
心,江西 宜春 336000)

摘要:【目的】为探究不同类型品种甘薯的产量和富硒特征,筛选一批适宜在江西富硒土壤种植的甘薯品种,为江西省富硒甘薯品种选择和栽培提供参考。【方法】通过田间试验方法,选取适宜江西地区种植的17个不同类型甘薯品种(鲜食型13个,菜用型3个,淀粉型1个),分析甘薯产量、块根硒吸收等特征。【结果】17个供试甘薯品种中,产量(每667 m²)差异显著,其中普薯32的产量最高,达1 412.43 kg,赣渝3号次之,为1 319.68 kg。每667 m²产量1 000 kg以上的品种有7个,而哈密和台农71的产量较低,均低于每667 m² 500 kg。此外,各品种硒含量差异较为明显,变化幅度为0.03~0.14 mg/kg,而广薯87、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号等5个品种块根硒含量均超过0.1 mg/kg,达到了国家富硒含量标准(0.1~1 mg/kg)。聚类分析显示,不同甘薯品种硒含量可分为3类,其中广薯87为唯一硒高积累品种,达0.14 mg/kg,而商薯19、福薯604、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号等6个品种为硒中高积累品种,块根硒含量为0.09~0.11 mg/kg,其余为硒低积累品种。同时,块根硒含量高的甘薯品种,其硒富集系数也高。【结论】兼顾甘薯块根产量及其硒积累,可选择鲜食型广薯87、赣渝3号与菜用型福薯7-6等甘薯品种在江西富硒土壤中推广种植。

关键词:甘薯;品种;富硒;高产;品种筛选;栽培

中图分类号:S531 文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2286(2023)05-1129-09



Screening of Selenium-enrichment and High-yield Varieties of Different Types Sweet Potato in Jiangxi Province

JIANG Jiliang¹, LIU Youqing¹, MO Dongzhi¹, CHEN Han¹, CHENG Jianfeng¹,
ZENG Yongjun¹, LIU Ying^{2*}, ZENG Yanhua^{1*}

(1. Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Selenium Resource Utilization Center, Yichun, Jiangxi 336000, China)

Abstract: [Objective] The aim of this study was to investigate the characteristics of yield and selenium enrichment of different types sweet potato varieties as well as screen out a number of sweet potato varieties

收稿日期:2023-07-10 修回日期:2023-08-16

基金项目:江西省现代农业产业技术体系(JXARS-19-02)和江西省自然科学基金重点项目(20232ACB205011)

Project supported by the Earmarked Fund for Jiangxi Agriculture Research System (JXARS-19-02) and Natural Science Foundation of Jiangxi Province (20232ACB205011)

作者简介:姜吉梁,硕士生,orcid.org/0009-0002-0656-3173,18352695751@163.com;*通信作者:刘瑛,高级农艺师,主要从事水稻栽培研究,orcid.org/0009-0005-8195-482X,983486548@qq.com;曾研华,副教授,主要从事水稻栽培研究,orcid.org/0000-0002-1330-456X,zyh74049501@163.com。

suitable for cultivation in selenium-rich soil in Jiangxi province. The research results could provide reference for the selection and cultivation of selenium-rich sweet potato varieties in Jiangxi province. [Method] 17 different types of sweet potato varieties (including 13 fresh eating type, 3 vegetable type and 1 starch type) suitable for cultivation in Jiangxi were selected by field test methods to analyze the characteristics of sweet potato yield and selenium uptake by tubers. [Result] Among the 17 sweet potato varieties, there were significant differences in yield, with Pushu 32 having the highest yield of 1 412.43 kg/667m² and GanYu 3 having the second highest yield of 1 319.68 kg/667m². 7 varieties had yields over 1 000 kg/667m², while Hami and Tainong 71 varieties had lower yields, both below 500 kg/667m². In addition, the selenium content of each variety varied more significantly, ranging from 0.03 to 0.14 mg/kg. Among them, five varieties, including Guangshu 87, Longshu 9, Fushu 7-6, Ganshu 3 and GanYu 3, all had a selenium content of more than 0.1 mg/kg in their tubers, reaching the national standard for selenium-rich content (range from 0.1 to 1 mg/kg). Cluster analysis showed that the selenium content of different sweet potato varieties could be divided into three categories, among which Guangshu 87 was the only variety with high selenium accumulation, reaching 0.14 mg/kg; while six varieties such as Shangshu 19, Fushu 604, Longshu 9, Fushu 7-6, Ganshu 3 and GanYu 3 were of medium to high selenium accumulation, with root selenium content reaching 0.09 to 0.11 mg/kg, and the rest varieties were low selenium accumulation. Meanwhile, sweet potato varieties with high selenium content in tubers also had high selenium enrichment coefficients. [Conclusion] Taking into account the yield of sweet potato tubers and their selenium accumulation, sweet potato varieties such as fresh-food type Guangshu 87, GanYu 3 and vegetable type Fushu 7-6 can be selected for promotion in selenium-rich soil in Jiangxi province.

Keywords: sweet potato; variety; selenium-rich; high yield; breed screening; cultivation

【研究意义】随着人类对健康和生态环境的关注日益加深,绿色食品的需求越来越大,富硒食品受到广泛关注^[1-2]。硒(Se)是一种人体必需的微量元素,与人类的健康息息相关,它具有抗氧化、增强免疫、抗癌等多种生物功能^[3-4],但我国将近70%的地区面临缺硒,当前我国人均膳食中的每日硒摄入量为14~21 μg,而人体正常每日需求量为50~250 μg,两者之间相差很大。对于缺硒地区的居民来说,食用富含硒的农产品是一种经济有效、安全方便的补硒方式,因此将富含硒的食物纳入人们日常的饮食成为补充硒元素的主要途径之一^[5-7]。作为农业大国,我国的粮食作物具有举足轻重的地位,其中甘薯不仅是第四大粮食作物,也是重要的饲料和工业原料作物^[8-9]。因此,开展富硒、高产甘薯品种筛选研究对于发展富硒甘薯食品产业具有重要意义。【前人研究进展】在自然界中,硒以无机硒和有机硒两种形态存在^[10]。无机硒包括硒单质、不同价态下的硒化物、硒酸盐和亚硒酸盐等离子形式;有机硒则存在于多种形式,主要包括硒蛋白、硒代氨基酸和硒多糖等^[11]。相比无机硒,有机硒的毒性更低,对生物机体更有益^[12]。梁帅等^[13]研究认为,硒在土壤中有7种形态,其中水溶态和离子交换态利于植物吸收,对硒在作物中的吸收和富集有直接影响,是评价硒生态效应的重要指标。前人已经对不同作物在富硒能力上的差异^[14]、作物对硒的吸收与分配特征^[15]、作物吸收与转化硒的影响因素及机制^[16],以及施硒对植物品质的影响进行了深入探讨^[17]。在富硒作物的研究领域中,富硒水稻、小麦等作物备受关注^[18]。在富硒水稻方面的品种筛选中,研究人员利用已有的水稻精米中富含硒的种质资源,将具有较强富集硒元素能力的品种与丰产性品种进行杂交改良,以培育出富硒、优质、产量高的水稻品种^[19]。而小麦作为主要口粮作物,在谷物中对硒的富集能力最强,通过土壤施硒、叶面喷硒可以增加小麦产量以及促进对硒的吸收^[20-21]。【本研究切入点】富硒作物品种及产量仍无法满足人们需要,富硒甘薯成为了补充日常硒需要量的重要粮食作物,但是不同品种甘薯对于硒的吸收和富集能力不一,特别是近年来优质甘薯品种鲜食趋势化明显,筛选高产硒高积累的优质甘薯品种研究报道较少^[22-23]。江西甘薯面积常年超13.3万hm²,对于补充粮食产量起到重要作用。【拟解决的关键问题】本研究拟选取不同来源地区培育的17个甘薯品种,探究在江西富硒土壤地区不同甘薯品种硒富集能力及产量差异,筛选出适合当地种植的硒高富集甘薯品种,为江西省富硒地区甘薯富硒功能生产提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验地概况

试验于 2022 年 6—11 月在江西省宜春市袁州区南庙镇袁梅村(114°21'21.28"E,27°42'41.908"N)进行^[24]。试验田基础理化性质 pH 值 5.65、碱解氮 120 mg/kg、有效磷 21.66 mg/kg、速效钾 67.54 mg/kg、全氮 2.03 g/kg、有机质 27.4 g/kg。土壤全硒含量 0.52 mg/kg,为富硒土壤。

1.2 试验材料

选择不同来源地区培育的 17 个甘薯品种,其中 13 个鲜食型,3 个菜用型,1 个淀粉型,见表 1。供试品种来源于江西省农业科学院高安甘薯种质资源基地与福建省农业科学院。

表 1 供试甘薯品种情况
Tab.1 Situation of sweet potato varieties teste

编号 Code	品种 Variety	品种类型 Type of cultivar	编号 Code	品种 Variety	品种类型 Type of cultivar
1	普薯 32 PS32	鲜食型 FET	10	济薯 26 JS26	鲜食型 FET
2	广薯 87 GS87	鲜食型 FET	11	福薯 604 FS604	鲜食型 FET
3	赣渝 3 号 GY3	鲜食型 FET	12	烟薯 25 YS25	鲜食型 FET
4	龙薯 9 号 LS9	鲜食型 FET	13	未脱毒普薯 32 ND-PS32	鲜食型 FET
5	赣薯 3 号 GS3	鲜食型 FET	14	福菜薯 23 FCS23	菜用型 VUT
6	赣薯 6 号 GS6	鲜食型 FET	15	台农 71 TN71	菜用型 VUT
7	哈密 HM	鲜食型 FET	16	福薯 7-6 FS7-6	菜用型 VUT
8	赣薯 4 号 GS4	鲜食型 FET	17	商薯 19 SS19	淀粉型 ST
9	福薯 34 FS34	鲜食型 FET			

FET:鲜食型;VUT:菜用型;ST:淀粉型;ND:未脱毒。
FET: Fresh eating type; VUT: Vegetable use type; ST: Starch type; ND: Non-Decontaminated.

1.3 试验设计

采用田间大区试验,每个甘薯供试品种为一个处理,各处理随机排列,每个小区面积为 19.61 m²,3 次重复。所有供试品种均 6 月 12 号栽苗,采用小垄单行种植,垄宽 80 cm(包沟),垄沟底宽 20 cm,垄高 30 cm,栽插密度每 667 m² 3 335 株,株距 20 cm。每 667 m²施纯氮(N)6 kg,磷肥(P₂O₅)3 kg,钾肥(K₂O)10 kg,供试肥料为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅为 12%)、硫酸钾(含 K₂O 为 50%)。所有处理氮磷钾肥一致,全部一次性基施(起垄后在离苗 15 cm 旁挖约 10 cm 深的沟条施,将肥均匀洒沟里后覆土。在甘薯整个生长过程中,薯苗种下后浇水 3 d,遇长期干旱以及气温过高天气及时浇水。其他管理措施统一按常规高产栽培要求实施。施基肥前取 0~25 cm 土层的土样测土壤理化性质。

1.4 测定项目和方法

1.4.1 产量 收获时取 3 个重复带点 5 m²全部收获,实地测产后折算成单位面积产量。

1.4.2 甘薯块根硒含量 在甘薯成熟期,每个小区取 1 株甘薯,并选取具有代表性的薯块,洗净、并将其切成不规则小块,晾干后放入烘箱,在 80 °C 下烘干。烘干的薯块使用粉碎机磨成粉,并过 80 目(孔径 0.2 mm)后备用。供试甘薯品种块根中的硒含量测定采用《食品安全国家标准食品中的硒的测定》(GB 5009/268—2016)方法^[25]。

1.4.3 土壤中硒含量 在田间 0~20 cm 土壤表面使用五点分布法选取土样,混合均匀,待其自然风干后备用。测定土壤全硒含量采用微波消解仪、原子吸收火焰法和石墨炉法。

硒富集系数(BCF)=(甘薯块根中硒含量/土壤中硒含量)×100%^[26]。

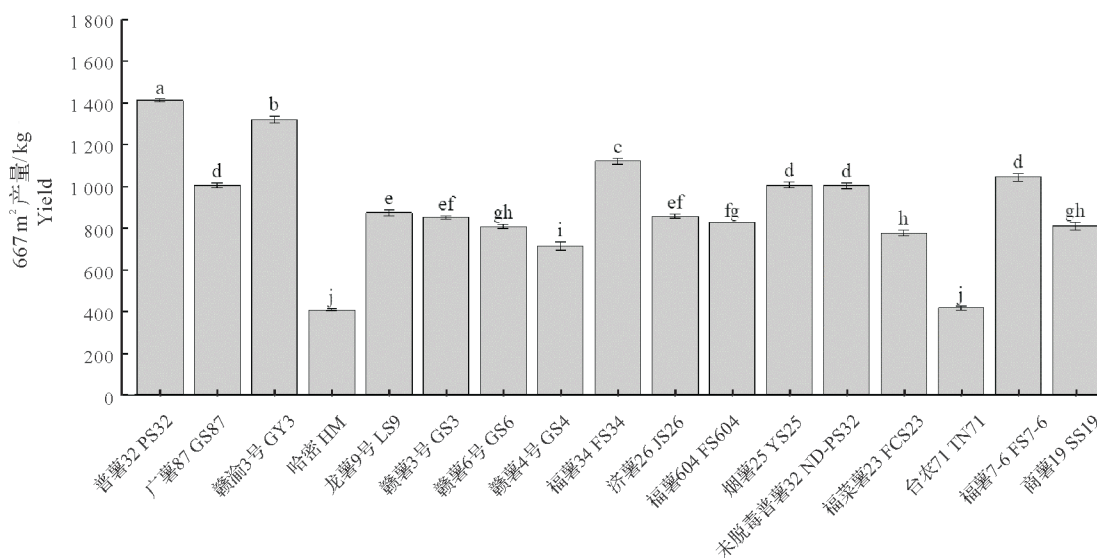
1.5 数据处理

数据采用 Excel 2021 进行整理,采用 SPSS 19.0 软件进行统计和分析处理,绘图采用 Origin 9.0 软件,结果为平均值±标准误差。

2 结果与分析

2.1 不同甘薯品种产量分析

由图1可知,在土壤各肥力水平相同的情况下,不同供试甘薯品种的产量存在显著差异,每667 m²产量变幅为407.91~1 412.43 kg,均值为896.95 kg。鲜食型甘薯块根产量相比菜用型甘薯产量普遍要高,淀粉型甘薯产量处于中间水平。普薯32的产量最高,每667 m²达1 412.43 kg,赣渝3号产量稍低于普薯32号,为1 319.68 kg,这两个品种的产量显著高于其他品种;哈密和台农71这两个品种的产量最低,每667 m²分别为407.91 kg和416.66 kg。福薯34、福薯7-6、烟薯25、广薯87以及未脱毒普薯32等5个品种的产量处于中高水平,每667 m²为1 003.19~1 119.57 kg。龙薯9号、济薯26、赣薯3号、福薯604、商薯19、赣薯6号、福菜薯23和赣薯4号等8个品种的产量处于中低水平,每667 m²为713.39~873.76 kg。从各个品种的产量来看,普薯32和赣渝3号的产量较高,适宜在江西富硒土壤种植。



图内柱形方框不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。

Different lowercase letters in the column box indicate a significant difference at the 0.05 level.

图1 不同甘薯品种产量表现

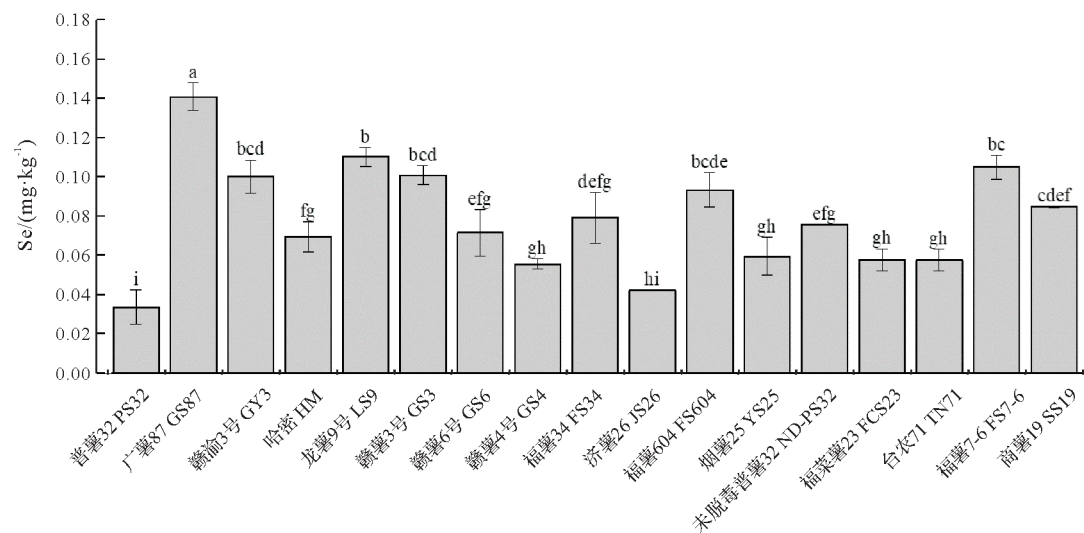
Fig.1 Yield performance of different sweet potato varieties

2.2 不同甘薯品种块根硒含量分析

如图2所示,各供试甘薯品种块根硒含量为0.03~0.14 mg/kg。在供试品种中广薯87、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号的硒含量均达到了0.1 mg/kg以上,其中广薯87该品种硒含量最高,为0.14 mg/kg,符合中国《中华人民共和国供销合作产业行业标准富硒农产品-薯类》标准(GH/T 1135—2017)中的值(0.1~1 mg/kg)。供试品种中普薯32的硒含量最低,仅有0.03 mg/kg,而广薯87硒含量为0.14 mg/kg,是普薯32的4.11倍。广薯87、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号等品种的甘薯块根硒含量较高,达到富硒甘薯的硒含量标准。其中广薯87的硒含量也显著高于其他品种,适合作为富硒甘薯品种在江西富硒地区推广种植。

2.3 不同甘薯品种块根对硒的累积能力聚类分析

对不同品种甘薯块根中硒含量进行系统聚类分析(图3),按照组间联结聚类方法,以平方欧氏距离区间分类,17个甘薯品种可以分为3类。Ⅰ类甘薯品种硒含量较低,为济薯26、普薯32、未脱毒普薯32、福薯34、赣薯6号、哈密、赣薯4号、烟薯25、台农71和福菜薯23,块根硒含量范围是0.03~0.08 mg/kg;Ⅱ类甘薯品种硒含量中等偏高,为商薯19、福薯604、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号,块根硒含量范围是0.09~0.11 mg/kg;Ⅲ类甘薯品种硒含量最高,为广薯87,块根硒含量是0.14 mg/kg。说明不同甘薯品种块根对硒的累积能力有明显的差异,在供试品种中广薯87块根硒含量最高,其次为龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号,适宜在富硒土壤种植,可确保甘薯富硒的硒含量达到要求。



图内柱形方框不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Different lowercase letters in the column box indicate a significant difference at the 0.05 level.

图2 不同甘薯品种块根硒含量差异

Fig.2 Variation in selenium content in tuberous roots of different sweet potato varieties

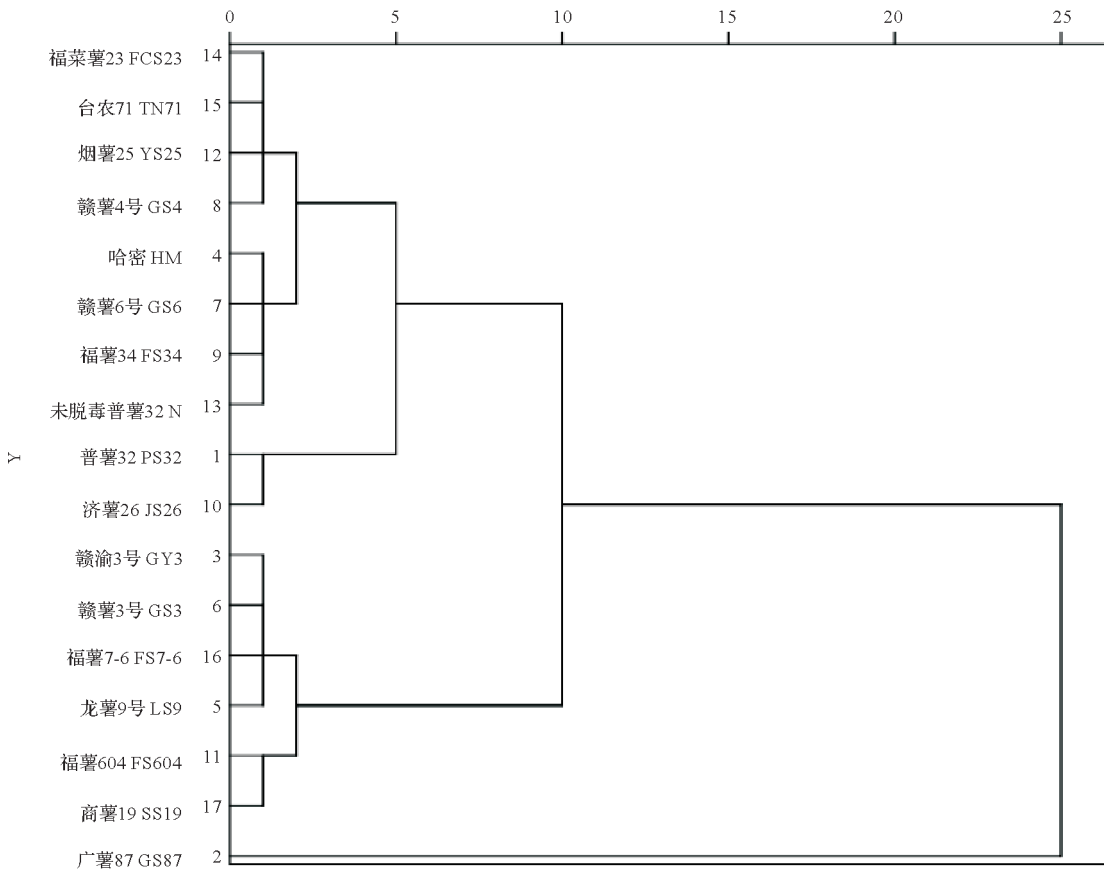
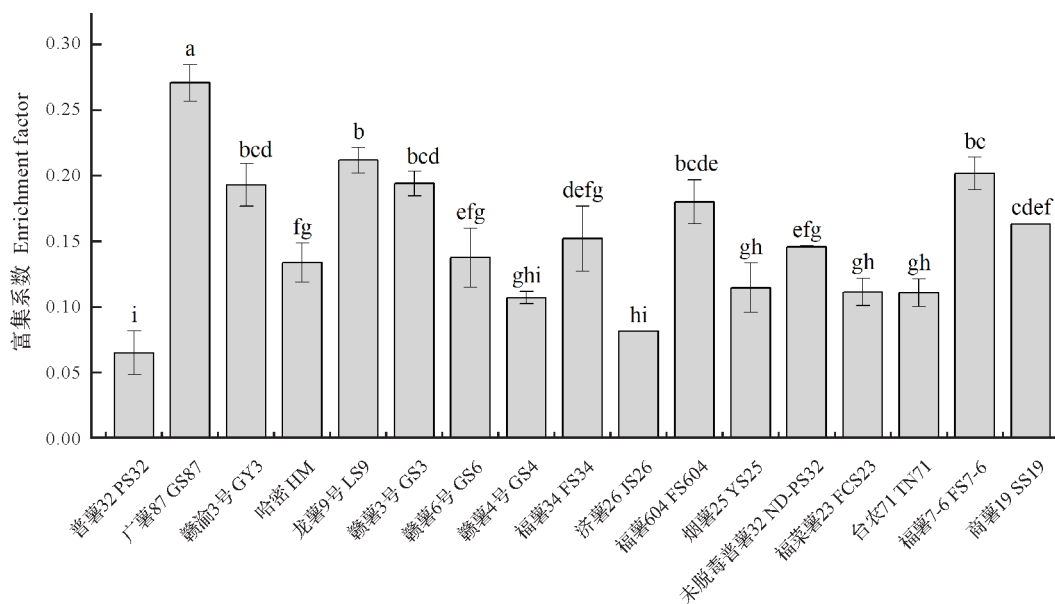


图3 不同甘薯品种块根硒含量聚类分析

Fig.3 Cluster analysis of selenium content in tuberous roots of different sweet potato varieties

2.4 不同甘薯品种硒富集系数差异分析

甘薯块根的硒富集系数在一定程度上能够反映甘薯块根对土壤硒的吸收积累情况。如图4所示,供试品种的硒富集系数范围为0.06~0.27,最高值约为最低值的4.5倍,差异显著。在所有供试甘薯品种中,普薯32的富集系数最低,仅0.06;广薯87的富集系数最高,为0.27。并且所有试验甘薯品种的硒富集系数均小于1,说明供试的17个甘薯品种块根对硒的吸收积累能力均较弱,均为0.30以下,但是品种间的硒富集系数差异较为明显。



图内柱形方框不同小写字母表示在0.05水平上差异显著。

Different lowercase letters in the column box indicate a significant difference at the 0.05 level.

图4 不同甘薯品种富集系数

Fig.4 Enrichment coefficients of different sweet potato varieties

3 讨论

在富硒地区因地制宜发展富硒农业对提升农产品价值具有重要意义,富硒食品因具有抗氧化,提高免疫功能等对人体健康益处特点,受到越来越多的关注。甘薯在我国食品行业中扮演着重要的角色,前人对影响甘薯硒积累的研究已取得一定进展。杨婧^[27]通过研究相同甘薯品种在两个生态区所表现出的生长及其品质差异,发现除了遗传因素外,环境因素如土壤类型、水分和气候条件,也会对甘薯块根中的硒积累产生影响。而研究表明,在相同栽培和土壤环境条件下,所选的17个甘薯品种的块根硒含量为0.03~0.14 mg/kg,最高值为最低值的4.18倍,表现出品种间的显著差异。其中广薯87、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号等5个甘薯品种的块根硒含量在0.1 mg/kg以上,达到了富硒甘薯的标准,表明同等环境条件下甘薯硒吸收和积累能力因品种而异,这与刘超等^[28]的研究结果较为一致。本研究结果启示在生产中可通过选择硒积累较高的甘薯品种来实现富硒土壤甘薯富硒的广泛种植。

此外,本研究中17个甘薯品种的块根硒富集系数具有显著性差异,其中广薯87的硒富集系数是普薯32的4.5倍,表明不同甘薯品种对块根硒含量富集能力有较大的影响。聚类分析结果显示,块根硒低积累的甘薯品种有济薯26、普薯32、未脱毒普薯32、福薯34、赣薯6号、哈密、赣薯4号、烟薯25、台农71和福菜薯23,硒中积累的有商薯19、福薯604、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号,硒高积累的甘薯品种是广薯87,可作为生产中富硒甘薯品种选择的参考。而济薯26、普薯32、未脱毒普薯32、福薯34、赣薯6号、哈密、赣薯4号、烟薯25、台农71和福菜薯23等品种则不适宜作富硒甘薯品种选择。

有研究表明,不同甘薯品种的自然富硒能力不相同^[29],且产量也存在显著差异^[30-31]。兰孟焦等^[32]通过对江西省南昌县28个甘薯品种资源主要性状进行分析,发现各品种间产量差异显著。本研究结果显示,不同甘薯品种的产量表现为普薯32最高,每667 m²达1 412.43 kg,而哈密最低,每667 m²仅为407.91 kg,两者相差1 004.52 kg;赣渝3号、福薯34、福薯7-6、烟薯25、广薯87以及未脱毒普薯32等6个品种的产量为每667 m²1 003.19~1 319.68 kg,可为当前富硒土壤下高产甘薯品种选择提供参考。但产量高并不意味着其甘薯块根硒含量高,富硒能力强,本研究中普薯32虽然产量最高,但其硒含量仅0.03 mg/kg,未达到富硒标准,进一步说明甘薯产量与硒积累之间并不呈正相关。因此,发展富硒农业生产,甘薯品种选择应兼顾甘薯块根产量与硒吸收积累特性。

4 结 论

本试验条件下,17个供试甘薯品种中普薯32、赣渝3号、福薯34、福薯7-6、烟薯25、广薯87及未脱毒普薯32等7个品种的甘薯块根产量较高;各品种硒含量存在一定差异,变幅为0.03~0.14 mg/kg,其中广薯87、龙薯9号、福薯7-6、赣薯3号和赣渝3号等5个甘薯品种块根硒含量达到富硒含量标准(0.1~1 mg/kg)。聚类分析显示,广薯87是硒高积累品种,为0.14 mg/kg,其余4个甘薯品种为硒中高积累品种。同时,块根硒含量高的甘薯品种也具有较高的硒富集系数。总体来看,鲜食型广薯87、赣渝3号与菜用型福薯7-6等甘薯品种在江西富硒土壤中推广种植可协同实现产量与硒积累提升。

致谢:江西省富硒农业研究院委托项目(JXFX21-ZD05、JXFX22-ZD02)同时对本研究给予了资助,谨致谢意!

参考文献 References:

- [1] 张永顺.试论绿色食品经济与农业可持续发展[J].中国食品工业,2022,359(21):44-47.
ZHANG Y S.On the green food economy and sustainable agricultural development[J].China food industry, 2022, 359(21): 44-47.
- [2] 杨远.我国绿色食品消费现状与发展对策[J].农业科技与装备,2022,312(6):78-79.
YANG Y.Current situation and development countermeasures of green food consumption in China[J].Agricultural science & technology and equipment, 2022, 312(6): 78-79.
- [3] 李彦青,卢森权,黄咏梅,等.浅议富硒甘薯的开发与利用[J].杂粮作物,2008,154(5):332-333.
LI Y Q, LU S Q, HUANG Y M, et al.On the se-enriched sweet potato development and utilization[J].Mixed grain crops, 2008, 154(5): 332-333.
- [4] 李应生,李亚男,陈大清.硒的生物学功能及植物的富硒机理[J].湖北农学院学报,2003(6):476-480.
LI Y S, LI Y N, CHEN D Q.Biological functions of selenium and the mechanism of selenium enrichment in plant[J].Journal of Hubei agricultural college, 2003(6): 476-480.
- [5] Farooq.Accumulation, mobilization, and transformation of selenium in rice grain provided with foliar sodium selenite [J]. Journal of the science of food and agriculture, 2019, 99(6): 16-23.
- [6] Hartfiel.Bahners, selenium deficiency in the federal republic of germany [J].Biological trace element research, 1988, 15(6):37-51.
- [7] Viezelien.Protective effect of selenium on aluminium-induced oxidative stress in mouse liver in vivo[J].Environmental toxicology and pharmacology, 2011, 31(2):223-236.
- [8] 马代夫,李强,曹清河,等.中国甘薯产业及产业技术的发展与展望[J].江苏农业学报,2012,28(5):969-973.
MA D F, LI Q, CAO Q H, et al.Development and prospect of sweet potato industry and its technologies in China[J].Jiangsu journal of agricultural sciences, 2012, 28(5): 969-973.
- [9] 李强,赵海,靳艳玲,等.中国甘薯产业助力国家粮食安全的分析与展望[J].江苏农业学报,2022,38(6):1484-1491.
LI Q, ZHAO M, JING Y L, et al.Analysis and perspectives of sweet potato industry contributing to national food security in China[J].Jiangsu journal of agricultural sciences, 2022, 38(6): 1484-1491.
- [10] 刘皓,韦淑毅,吕春晖.富硒酵母添加剂中硒元素形态分析的研究进展[J].饲料研究,2020,43(1):114-117.
LIU H, WEI S Y, LYU C H.Research progress on selenium speciation analysis in selenium enriched yeast [J].Feed research, 2020, 43(1): 114-117.
- [11] 侯松,田侠,刘庆.叶面喷施硒对紫甘薯硒吸收、分配及品质的影响[J].作物学报,2018,44(3):423-430.
HOU S, TIAN X, LIU Q.Effects of foliage spray of se on absorption characteristics of se and quality of purple sweet potato [J].Acta agronomica Sinica, 2018, 44(3): 423-430.

- [12] 程建中,杨萍,桂仁意.植物硒形态分析的研究综述[J].浙江农林大学学报,2012,29(2):288-295.
CHENG J Z, YANG P, GUI R Y. Research progress on speciation of selenium compounds in plants[J]. Journal of Zhejiang A & F university, 2012, 29(2): 288-295.
- [13] 梁帅,朱建新,戴慧敏,等.黑龙江拜泉地区硒元素在土壤-植物系统中的迁移富集规律[J].地质与资源,2021,30(4):456-464.
LIANG S, ZHU J X, DAI H M, et al. Migration and enrichment of selenium in soil-plant system in Baiquan area, Heilongjiang province[J]. Geology and resources, 2021, 30(4): 456-464.
- [14] 彭琴,李哲,梁东丽,等.不同作物对外源硒动态吸收、转运的差异及其机制[J].环境科学,2017,38(4):1667-1674.
PENG Q, LI Z, LIANG D L, et al. Dynamic differences of uptake and translocation of exogenous selenium by different crops and its mechanism[J]. Environmental science, 2017, 38(4): 1667-1674.
- [15] 周鑫斌,施卫明,杨林章.富硒与非富硒水稻品种对硒的吸收分配的差异及机理[J].土壤,2007(5):731-736.
ZHOU X B, SHI W M, YANG L Z. Genotypical differences and characteristics of se uptake and accumulation in rice[J]. Soils, 2007(5): 731-736.
- [16] 陈思杨,江荣凤,李花粉.苗期小麦和水稻对硒酸盐/亚硒酸盐的吸收及转运机制[J].环境科学,2011,32(1):284-289.
CHEN S Y, JIANG R F, LI H F. Uptake and translocation of selenate or selenite by wheat and rice seedlings[J]. Environmental science, 2011, 32(1): 284-289.
- [17] 殷金岩,耿增超,李致颖,等.硒肥对马铃薯硒素吸收、转化及产量、品质的影响[J].生态学报,2015,35(3):823-829.
YING J Y, GENG Z C, LI Z Y, et al. Effects of three fertilizers on uptake, transformation, yield and quality of potatoes[J]. Acta ecologica Sinica, 2015, 35(3): 823-829.
- [18] 杨涛,龙澜,商龙臣,等.土壤硒干预与5种作物集硒特性研究[J].安徽农业科学,2023,51(1):143-146.
YANG T, LONG L, SHANG L C, et al. Research on soil selenium intervention and accumulation characteristics of five crops[J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2023, 51(1): 143-146.
- [19] 刘百龙,郑天清,王威豪,等.优质富硒水稻新品种中广122的选育[J].中国种业,2022,(11):91-92.
LI B L, ZHENG T Q, WANG W H, et al. Selection and breeding of new high-quality selenium-rich rice varieties Zhongguang 122[J]. China seed industry, 2022, (11): 91-92.
- [20] 成东梅,赵伟峰,尹国红,等.绿色优质富硒小麦生产技术应用与实践[J].安徽农业科学,2021,49(2):24-28.
CHENG D M, ZHAO W F, YI G H, et al. Application and practice of green and high-quality selenium-rich wheat production technology[J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2021, 49(2): 24-28.
- [21] 马小艳,尹丹,周沫,等.硒酸钠施用对小麦的富硒效应及其残效[J].麦类作物学报,2022,42(5):605-613.
MA X Y, YI D, ZHOU M, et al. Biofortification and residual effects of selenate fertilizer on wheat[J]. Journal of triticeae crops, 2022, 42(5): 605-613.
- [22] 吴文江,王磊,孟海军,等.基于文献计量学的中国作物富硒研究现状分析[J].农学学报,2021,11(12):109-117.
WU W J, WANG L, MENG H J, et al. Current situation of selenium-enriched crops research in china based on bibliometric[J]. Journal of agriculture, 2021, 11(12): 109-117.
- [23] 臧华伟,张泽洲,龙泽东,等.中国硒资源利用中若干关键科学问题的探讨[J].生物技术进展,2021,11(4):542-549.
ZANG H W, ZHANG Z Z, LONG Z D, et al. Some key scientific questions in utilization of selenium resources in China[J]. Current biotechnology, 2021, 11(4): 542-549.
- [24] 杨晓帆,蔡海生,张学玲,等.富硒耕地质量综合评价及利用分区研究:以宜春市袁州区为例[J].江西农业大学学报,2023,45(2):482-493.
YANG X F, CAI H S, ZHANG X L, et al. Study on comprehensive evaluation and zoning of selenium-enriched arable land quality: a case study of Yuanzhou district, Yichun[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2023, 45(2): 482-493.

- [25] 朱盛琦.富硒甘薯中有机硒形态及其特性研究[D].沈阳:沈阳师范大学,2021.
- ZHU S Q.Study on the forms and characteristics of organic selenium in selenium-enriched sweet potato[D].Shengyang: Shenyang Normal University,2021.
- [26] 闫加力,徐春燕,杨军,等.湖北省不同农作物对土壤硒吸收富集规律的研究[J].资源环境与工程,2019,33(4): 481-485.
- YAN J L,XU C Y,YANG J,et al.Study on soil selenium absorption and enrichment of different crops in Hubei Province[J]. Resources environment & engineering,2019,33(4):481-485.
- [27] 杨婧.两个生态区甘薯品种生长及品质差异研究[D].荆州:长江大学,2022.
- YANG J.Study on the growth and quality of sweet potato varieties in two ecological regions[D].Jingzhou: Yangtze University,2022.
- [28] 刘超,王晋民,魏廷珍,等.青海乐都富硒区6种主要蔬菜富硒能力研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014,42(5):157-161.
- LIU C,WANG J M,WEI Y Z,et al.Selenium enrichment capacities of six major vegetables in selenium-rich region of Ledou,Qinghai Province[J].Journal of Northwest A & F university(natural science edition),2014,42(5):157-161.
- [29] 廖青,邢颖,梁潘霞,等.甘薯自然富硒能力测定及施硒方式对甘薯硒含量的影响[J].西南农业学报,2017,30(8): 1838-1842.
- LIAO Q,XING Y,LIANG P X,et al.Natural selenium-enrichedability of sweet potatoes and effect of ways of applying selenium on selenium content of sweet potato[J].Southwest China journal of agricultural sciences,2017,30(8):1838-1842.
- [30] 冉腾飞,肖力力,李永鹏,等.黔中地区50个甘薯品种比较试验[J].山地农业生物学报,2022,41(3):17-27.
- RAN T F,XIAO L L,LI Y P,et al.Comparative experiment of 50 sweet potato varieties in central Guizhou[J].Journal of mountain agriculture and biology,2022,41(3):17-27.
- [31] 柳洪鹏,史春余,柴沙沙.不同产量水平甘薯品种光合产物分配差异及其原因[J].作物学报,2015,41(3):440-447.
- LIU H J,SHI C Y,CHAI S S.Difference and related reason for assimilate distribution of sweet potato varieties with different root tuber yields[J].Acta agronomica Sinica,2015,41(3):440-447.
- [32] 兰孟焦,吴问胜,肖满秋,等.江西甘薯品种资源主要农艺性状分析与综合评价[J].东北农业大学学报,2021,52(10):1-10.
- LAN M J,WU W S,XIAO M Q,et al.Analysis and comprehensive evaluation of main agronomic traits of sweet potato varieties in Jiangxi Province[J].Journal of Northeast agricultural university,2021,52(10):1-10.