

doi:10.11937/bfyy.20170733

## 含碘铜基叶面肥对萝卜 碘含量、产量及品质的影响

唐灵云<sup>1</sup>, 马金昭<sup>1</sup>, 张民<sup>1</sup>, 陈海宁<sup>2</sup>, 刘文龙<sup>2</sup>, 杨茂峰<sup>1,3</sup>

(1. 山东农业大学 资源与环境学院, 泉林黄腐酸肥料工程实验室, 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东 泰安 271018;

2. 养分资源高效开发与综合利用国家重点实验室, 金正大生态工程集团股份有限公司, 山东 临沭 276700;

3. 山东泉林嘉有肥料有限责任公司, 山东 聊城 252800)

**摘要:**以萝卜品种“满堂红”为试材,以喷施清水、传统波尔多液为对照,研究了喷施不同浓度及种类的含碘铜基叶面肥对盆栽萝卜碘含量、产量及品质的影响,筛选出铜基叶面肥的适宜浓度及种类,为生产富碘萝卜提供参考依据。结果表明:喷施含碘铜基叶面肥土壤铜含量较传统喷施波尔多液显著降低 39.10%~50.62%,但对萝卜铜含量并无显著影响,避免了铜对萝卜的毒害作用及土壤铜污染。与喷施清水处理相比,喷施 1 g·L<sup>-1</sup>含碘酸钾的铜基叶面肥显著提高地下部碘含量 93.41%及可溶性蛋白质含量 39.26%;喷施 2 g·L<sup>-1</sup>含碘化钾的铜基叶面肥,萝卜肉质根可溶性蛋白质含量显著提高 37.87%;喷施 1 g·L<sup>-1</sup>含碘化钾的铜基叶面肥地下部碘含量较 CK 显著降低 44.38%,维生素 C 含量显著降低 23.75%;喷施 1、2 g·L<sup>-1</sup>含碘化钾的铜基叶面肥硝酸盐含量分别显著提高 53.95%、92.68%。综上可知,萝卜喷施 1 g·L<sup>-1</sup>含碘酸钾的铜基叶面肥效果最好。

**关键词:**萝卜;碘;铜;生物效应

**中图分类号:**S 631.106<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0120-07

碘在人体新陈代谢过程中起着极为重要的作用,是合成甲状腺的必需元素,缺乏或过量均会影响机体甲状腺的形态结构及功能,继而引起一系列的疾病,如甲亢、克汀病、地方性甲状腺肿等,严重影响了人体的健康<sup>[1]</sup>。研究表明,碘缺乏症已不是单纯的地方病,而是影响人口素质、智力发育

和经济发展的公共卫生问题<sup>[2]</sup>。我国传统补碘的方法,主要以食盐加碘为主,肌肉注射或口服碘油为辅。然而,以无机形式存在的碘不易被人体吸收,如果食物的碘浓度太高还会产生毒副作用,只有当无机形式的碘转化成具有生物活性的碘时,才具有普遍的食用价值<sup>[3-4]</sup>。碘元素虽然不是植物必需的有益元素,但对人体而言不可或缺。正常情况下,人体中的碘 80%以上来自植物性食品,通过从植物性食品中自然摄取有机碘的方式更有利于维持人体碘的平衡<sup>[5]</sup>。通过提高农产品碘含量,经人食用后可达到防治碘缺乏病的目的。

铜基叶面肥是传统波尔多液的理想替代品,具有提供作物营养元素和杀菌防病的双重功能<sup>[6-7]</sup>。该制剂生产成本低,悬浮性强,有效期长,可减少一定的喷药次数,节省人力物力,带来巨大的经济效益<sup>[8-10]</sup>。含碘铜基叶面肥是在其基础上,添加对人体有益的碘元素,通过叶面喷施,可

**第一作者简介:**唐灵云(1992-),女,硕士研究生,研究方向为新型肥料研发与应用。E-mail: tanglingyun14@163.com.

**责任作者:**张民(1958-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事土壤肥料等研究工作。E-mail: minzhang-2002@163.com.

**基金项目:**十三五重点研发计划课题资助项目(2017YFD0200706);国家“948”重点资助项目(2011-G30);山东省研究生教育创新计划资助项目(SDYY16043)。

**收稿日期:**2017-04-13

提高植株体内碘元素的含量,得到高品质的富碘农产品。

该试验通过“满堂红”萝卜(*Raphanus sativus* L.)盆栽试验,以清水、传统波尔多液为对照,研究喷施不同种类及浓度的含碘的铜基叶面肥对萝卜产量、农艺指标、品质及微量元素含量,为应用含碘的铜基叶面肥生产富碘农产品提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

于 2015 年 8—10 月在国家缓控释肥工程技术研究中心实验站进行试验,该地区属暖温带大陆性半湿润半干旱季风气候,年均气温 13.0℃,年均降水量 750 mm。

供试萝卜品种为“满堂红”,生育期 75 d。供试肥料为自配蔬菜专用控释掺混肥。土壤质地为砂壤(美国制),pH 7.96(2.5:1),有机质含量 14.67 g·kg<sup>-1</sup>,全氮含量 0.89 g·kg<sup>-1</sup>,速效钾含量 122.59 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷含量 28.45 mg·kg<sup>-1</sup>,有效铜含量 2.41 mg·kg<sup>-1</sup>,全碘含量 1.28 mg·kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 试验方法

试验设 6 个处理:1)喷施清水对照,CK;2)喷施传统波尔多液,BDM;3)喷施浓度为 1 g·L<sup>-1</sup>含碘化钾铜基叶面肥,CBFF-KI1;4)喷施浓度为 2 g·L<sup>-1</sup>含碘化钾铜基叶面肥,CBFF-KI2;5)喷施浓度为 1 g·L<sup>-1</sup>含碘酸钾铜基叶面肥,CBFF-KIO1;6)喷施浓度为 2 g·L<sup>-1</sup>含碘酸钾的铜基叶面肥,CBFF-KIO2。传统波尔多液为倍量式,现配现用。每处理 4 次重复。

肥料与土壤混匀后装盆,采用上口内径 28 cm,下口内径 21 cm,深 19 cm 的塑料盆,点种后每盆覆上 1~2 mm 土,每盆装土 5 kg。1 hm<sup>2</sup>施 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O 为 210 kg-90 kg-165 kg(即每盆施用尿素 0.89 g,树脂包膜尿素 3.47 g,磷酸二铵 1.73 g,氯化钾 1.33 g,包膜氯化钾 1.33 g,硼砂 0.13 g)。

萝卜生长期主要进行 3 次喷施,分别在幼苗期定植时(2015 年 9 月 3 日,播种后第 22 天)、莲座期“大破肚”时(2015 年 9 月 21 日,播种后第 40

天)和肉质根生长盛期露肩期(2015 年 10 月 6 日,播种后第 55 天)。叶片正反面喷施铜基叶面肥,每次喷施以叶片全部湿润并不滴水为宜。萝卜于 2015 年 8 月 13 日播种,2015 年 10 月 26 日收获。按常规高产栽培进行正常的除草除虫等管理措施。各处理在整个生育期内的管理措施完全相同。

### 1.3 项目测定

土壤基本理化性质采用常规方法测定<sup>[11]</sup>。

植株:将萝卜整株拔起,用自来水冲洗干净,再用去离子水冲洗,用纸巾擦干表面水分,测其鲜质量。将干净的萝卜自根颈部切断,分别测其地上部与地下部质量。将萝卜的根沿中轴纵切,测其根径粗。取部分肉质根于 4℃保存,用于可溶性固形物、蛋白质、维生素 C、硝酸盐等指标的测定;部分根、叶样品切碎后放入档案袋中,于烘箱 105℃杀青 30 min,再于 80℃烘干至恒重,研磨过筛,测定其它指标。

测定指标及方法:地上部地下部鲜/干质量(称重法)、植株的全 N、全 P(间断化学分析仪 Smartchem 200)、全 K(火焰分光光度法)、微量元素(硝酸灰化—原子吸收分光光度计)、SPAD(叶绿素仪 5200)、维生素 C 含量(2,6-二氯酚滴定法)、可溶性固形物(折光率法)、硝酸盐(紫外分光光度法)、可溶性蛋白质(考马斯亮蓝 G-250 法)等。

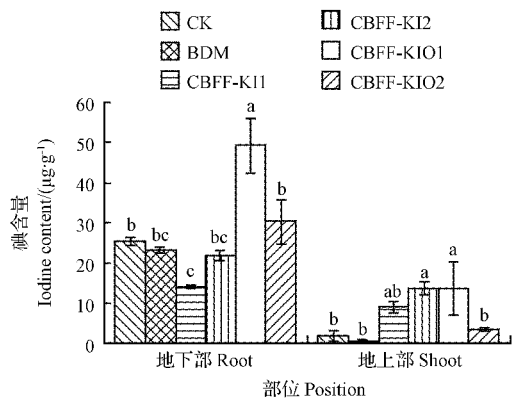
### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 软件进行数据归纳整理和作图,采用 SAS 8.2 统计软件进行方差分析,不同处理间采用 Duncan 氏新复极差法检验各处理平均数在  $P<0.05$  水平的差异显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对萝卜碘含量的影响

喷施含碘的铜基叶面肥显著提高了萝卜地上部及地下部碘含量(图 1)。CBFF-KIO1 较 CK 处理显著提高了萝卜地上部及地下部碘含量 681.64%、93.41%。CBFF-KI1 处理地下部碘含量较 CK 显著降低 44.38%,CBFF-KI2 处理地上部碘含量较 CK 显著提高 6.79 倍。其余处理碘含量差异不显著。



注:数据后相同小写字母表示处理间差异不显著( $P>0.05$ )。数据为平均值±标准误。下同。

Note: The same lowercase letters are non-significant among treatments ( $P>0.05$ ). The date are mean±standard error. The same below.

图1 不同处理对萝卜碘含量的影响

Fig. 1 Influence of different treatments to the radish iodine content

2.2 不同处理对萝卜产量的影响

喷施传统波尔多液(BDM处理)造成了萝卜减产(表1)。与CK相比,BDM处理地下部鲜质量降低45.73%,且水果萝卜的根冠比显著降低。铜基叶面肥处理中萝卜地上部及地下部鲜质量与CK相比无显著差异,但较BDM处理显著提高73.86%~79.55%。CBFF-KIO2处理根冠比显著降低,叶鲜质量最大,而根鲜质量较CK降低不显著,说明喷施低浓度的含碘酸钾的铜基叶面肥促进了水果萝卜叶的生长。CBFF-KI2处理地下部干物质较CK、BDM分别显著提高39.89%、78.30%,其它处理差异不显著,说明喷施 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 含碘化钾的铜基叶面肥能提高萝卜地下部干物质含量。

2.3 不同处理对萝卜农艺指标的影响

喷施传统波尔多液显著提高萝卜地下部水分1.66%,降低萝卜的根横径粗12.44%及单片叶质量34.07%,对于叶片数及SPAD无显著影响。

表1 不同处理对萝卜质量的影响

Table 1 Influence of different treatments on the radish quality

处理 Treatment	鲜质量 Fresh weight			根冠比 Root shoot ratio	地下部干物质 Dry substance of root/(g·pot <sup>-1</sup> )
	地上部 Shoot/(kg·pot <sup>-1</sup> )	地下部 Root/(kg·pot <sup>-1</sup> )	较BDM增产 Growth rate compared to BDM/%		
CK	0.14ab	0.41a	87.50	3.04a	22.19bc
BDM	0.12b	0.22b	—	2.01b	17.41c
CBFF-KI1	0.18ab	0.39a	76.14	2.22ab	23.36abc
CBFF-KI2	0.15ab	0.39a	76.14	2.68ab	31.04a
CBFF-KIO1	0.21a	0.38a	73.86	2.04b	26.74ab
CBFF-KIO2	0.12b	0.40a	79.55	2.56ab	23.81abc

注:同列数据后相同小写字母表示处理间差异不显著( $P>0.05$ )。数据为平均值±标准误。下同。  
Note: Data followed by the same lowercase letters in a column are non-significant among treatments ( $P>0.05$ ). The date are mean±standard error. The same below.

表2 不同处理对萝卜农艺指标的影响

Table 2 Influence of different treatments on the radish agronomy index

处理 Treatment	地下部 Root		地上部 Shoot		SPAD
	水分 Water/%	根横径粗 Root diameter/mm	叶片数 Total leaf number	叶质量 Leaf weight/g	
CK	92.23b	87.53ab	13.50ab	12.12a	45.70ab
BDM	94.78a	76.65c	14.50ab	7.99b	42.38b
CBFF-KI1	94.87a	80.64abc	14.00ab	10.68a	42.98ab
CBFF-KI2	93.71ab	92.96ab	12.00b	12.18a	45.58ab
CBFF-KIO1	93.04bc	93.76a	15.25a	10.85a	45.30ab
CBFF-KIO2	91.70c	83.04bc	13.00ab	9.44a	46.20a

与 CK、BDM 处理相比,喷施含碘化钾及碘酸钾的铜基叶面肥对萝卜地下部水分含量(CBFF-KIO2 处理除外)、根横径粗、单片叶质量、叶片数及 SPAD 均无显著影响。

2.4 不同处理对萝卜肉质根氮磷钾含量的影响

与 CK 相比,喷施传统波尔多液对萝卜全氮、全磷、全钾含量无显著差异,喷施铜基叶面肥对萝卜全氮、全钾含量无显著差异,但显著提高全磷含量(图 2)。与 CK 相比,CBFF-KI1、CBFF-KIO1、CBFF-KIO2 处理肉质根全磷含量分别显著提高 23.11%、30.64%、20.11%。

2.5 不同处理对萝卜肉质品质指标的影响

与 CK 相比,喷施传统波尔多液对萝卜肉质根可溶性固形物、可溶性蛋白质、维生素 C 及硝酸盐含量无明显影响;喷施铜基叶面肥对肉质根可溶性固形物含量无显著影响,但 CBFF-KI2、CBFF-KIO1 处理可溶性蛋白质含量分别显著提高 37.87%、39.26%,CBFF-KI1 处理维生素 C 含量显著降低 23.75%,CBFF-KI1、CBFF-KI2 处理硝酸盐含量分别显著提高 53.95%、92.68%,其它处理差异不显著。综上,以 CBFF-KIO1 处理萝卜肉质根品质最好。

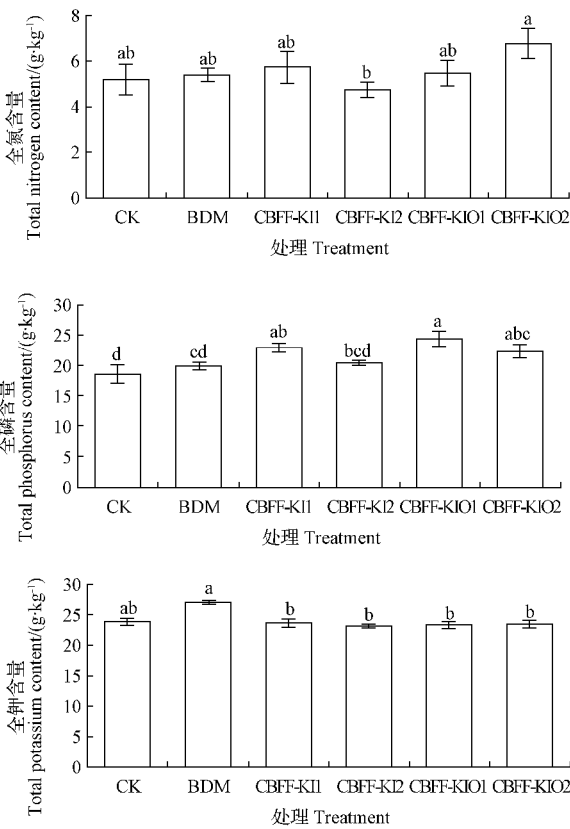


图 2 不同处理对萝卜肉质根氮磷钾含量的影响

Fig. 2 Influence of different treatment on the radish nitrogen, phosphorus and potassium contents

表 3 不同处理对萝卜肉质根品质的影响

Table 3 Influence of different treatment on the radish qualities of fleshy root

处理 Treatment	可溶性固形物含量 Soluble solid content/%	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content /(mg · g <sup>-1</sup> FW)	维生素 C 含量 Vitamin C content /(mg · (100g) <sup>-1</sup> FW)	硝酸盐含量 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> content /(mg · kg <sup>-1</sup> )
CK	4.13ab	29.25b	35.15ab	93.70cd
BDM	3.91b	38.29ab	37.80a	125.62bc
CBFF-KI1	4.25ab	36.03ab	27.75c	144.25ab
CBFF-KI2	4.17ab	40.33a	37.25a	180.54a
CBFF-KIO1	4.52a	40.73a	37.90a	131.35bc
CBFF-KIO2	4.32ab	35.18ab	30.54bc	83.80d

2.6 不同处理对萝卜铜锌铁锰含量的影响

与 CK 相比,喷施传统波尔多液分别显著提高了萝卜地上部与地下部铜含量 8.44、237.85 倍,并显著降低地上部铁的含量 47.88%,但对地下部锌、铁、锰含量及地上部锌、锰含量无显著差异(表 4)。铜基叶面肥地上部铜含量较 CK 显著提高 1.25~1.83 倍,但较 BDM 处理显著降低

70.07%~76.19%,地下部铜含量较 CK 差异不显著,但较 BDM 处理显著降低 90.74%~98.49%。喷施铜基叶面肥对地下部锌含量无显著差异,但 CBFF-KIO1、CBFF-KIO2 处理地上部锌含量较 CK 分别显著增加 55.90%、45.48%;CBFF-KI1、CBFF-KIO2 处理地下部铁含量分别显著提高 37.47%、64.14%,CBFF-KI1、CBFF-

KI2、CBFF-KIO2 处理地上部铁含量分别显著降低 19.78%、41.23%、23.03%，CBFF-KIO1 处理地上部铁含量显著提高 29.29%；CBFF-KI1、CBFF-KI2、CBFF-KIO1 处理地下部锰含量显著降低 25.54%、20.90%、28.25%，CBFF-KIO1 地

上部锰含量显著提高 9.04%，其余处理无显著差异。以上说明，喷施含碘的铜基叶面肥不会影响萝卜地下部铜、锌、铁(CBFF-KIO2 除外)含量，但会降低锰含量。

表 4 不同处理对萝卜微量元素含量的影响

Table 4		Influence of differents treatments on the radish micronutrient content								mg · kg <sup>-1</sup>	
处理		地下部 Root				地上部 Shoot					
Treatment		Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn		
CK		0.07c	38.85a	77.80c	10.97ab	58.03c	38.19bc	668.60b	55.34ab		
BDM		16.72a	40.01a	95.60bc	12.39a	547.84a	33.69c	348.48d	46.11b		
CBFF-KI1		0.25c	34.43a	106.95ab	8.17c	130.59b	41.59bc	536.38c	50.39b		
CBFF-KI2		1.13c	42.94a	90.76bc	8.68c	163.95b	48.63ab	392.91d	52.70ab		
CBFF-KIO1		1.55c	38.85a	94.27bc	7.87c	130.40b	59.54a	864.43a	60.34a		
CBFF-KIO2		1.40c	39.31a	127.70a	9.18bcd	159.36b	55.56a	514.64c	54.71ab		

## 2.7 不同处理对土壤微量元素含量的影响

传统波尔多液及铜基叶面肥中含有大量的铜元素，喷施过程中容易引起土壤铜富集。喷施传统波尔多液及含碘铜基叶面肥显著提高了土壤中铜含量，与 CK 相比，分别显著提高 177.74%、37.19%~69.22%。且喷施铜基叶面肥较传统波

尔多液土壤铜含量显著降低 39.10%~50.62%，而铜基叶面肥各处理间差异不显著。喷施传统波尔多液对土壤锌、铁、锰含量无显著差异，但铜基叶面肥会显著降低土壤锰含量 8.53%~14.23%，其中以 CBFF-KI2、CBFF-KIO1 处理最为显著(表 5)。

表 5 不同处理对土壤微量元素含量的影响

Table 5		Influence of different treatments on the soil micronutrient levels				mg · kg <sup>-1</sup>	
处理 Treatment		Cu	Zn	Fe	Mn		
CK		1.85c	2.05a	20.33a	11.49a		
BDM		5.14a	1.96a	20.37a	11.26ab		
CBFF-KI1		2.58b	1.83a	20.48a	10.51bc		
CBFF-KI2		3.13b	1.94a	20.72a	9.85c		
CBFF-KIO1		2.89b	1.96a	20.29a	10.09c		
CBFF-KIO2		2.54b	1.86a	20.51a	10.48bc		

## 3 讨论与结论

在萝卜生育期喷施不同浓度和种类的含碘铜基叶面肥，影响了萝卜的碘含量及品质。萝卜生育期叶面喷施含碘的铜基叶面肥，其地上部及地下部碘含量显著增加。这表明碘不是萝卜生长发育中的必需营养元素，但是作物施加适量的外源碘可以提高碘元素含量，这与韩平等<sup>[12]</sup>对西瓜的研究结果一致。与 CK 相比，喷施 1 g · L<sup>-1</sup>含碘酸钾的铜基叶面肥显著提高了萝卜地上部及地下部碘含量 681.64%、93.41%；喷施 2 g · L<sup>-1</sup>含碘化钾的铜基叶面肥地上部碘含量较 CK 显著提高

6.79 倍；喷施 1 g · L<sup>-1</sup>含碘化钾的铜基叶面肥地下部碘含量较 CK 显著降低 44.38%。这说明喷施 1 g · L<sup>-1</sup>含碘酸钾的铜基叶面肥效果最好，这与邢怡<sup>[3]</sup>建议在培育富碘蔬菜时，添加的外源碘形式选择 KI 不一致。这可能是由于植物对不同浓度和形态的碘元素(I<sup>-</sup> 及 IO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 传导效果不同，导致其在植物体的分布效果不同。翁焕新等<sup>[13]</sup>研究表明，在低碘浓度下(<0.5 mg · L<sup>-1</sup>)，芹菜对 IO<sub>3</sub><sup>-</sup> 的吸收为主动吸收，而对 I<sup>-</sup> 的吸收为被动吸收，而在较高浓度下(>0.5 mg · L<sup>-1</sup>)，对 IO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 I<sup>-</sup> 均为被动吸收。韩平等<sup>[12]</sup>研究表明，一定浓度下，IO<sub>3</sub><sup>-</sup> 处理条件下西瓜果实中碘含量较 I<sup>-</sup> 处理条件下高，累积效应明显，这与该试验

结果一致。

研究表明,碘肥能提高油麦菜、菠菜等作物的品质<sup>[14-15]</sup>。喷施  $2\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  含碘化钾的铜基叶面肥及  $1\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  含碘酸钾的铜基叶面肥较 CK 分别显著提高了萝卜肉质根可溶性蛋白质含量 37.87%、39.26%。与 CK 相比,喷施传统波尔多液分别显著提高了萝卜地上部与地下部铜含量 8.44、237.85 倍,并显著降低地上部铁含量 47.88%。喷施含碘的铜基叶面肥会降低锰含量,但对萝卜铜含量并无显著影响,土壤铜含量较传统喷施波尔多液显著降低 39.10%~50.62%,避免了铜对萝卜的毒害作用及土壤铜污染。

综上分析喷施不同浓度和种类的含碘铜基叶面肥对萝卜碘含量、产量、农艺指标、品质、养分含量等的影响,对萝卜喷施  $1\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  含碘酸钾的铜基叶面肥富集碘元素效果最好。翁焕新等<sup>[13]</sup>研究表明,高温烹制过程中,含碘蔬菜中碘的损失率较加碘食盐显著降低。富碘萝卜无论生食还是烹制,人体对碘元素的利用率显著提高。因此,对萝卜喷施  $1\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  含碘酸钾的铜基叶面肥生产富碘萝卜具有广阔的应用前景。

## 参考文献

[1] 何莉莎,逢冰,赵林华,等.含碘中药在甲状腺疾病中的应用概况[J].中医杂志,2015,56(9):801-806.

- [2] 莫国荣.食盐中碘测定的日常分析和质量控制[J].中国自然医学杂志,2007,9(2):149-150.
- [3] 邢怡.富碘油菜栽培与干制过程中碘含量变化的初步研究[D].兰州:甘肃农业大学,2010.
- [4] 洪春来,翁焕新,严爱兰,等.大豆对外源碘吸收与积累特性的研究[J].中国油料作物学报,2008,30(1):95-99.
- [5] 刘勤,张新,赵言文,等.土壤植物营养与农产品品质及人畜健康关系[J].应用生态学报,2001,12(4):623-626.
- [6] 王圣森.波尔多液营养保护剂在果树上的应用效应研究[D].泰安:山东农业大学,2008.
- [7] 李贵深,陈树民.“绿得保”保护性杀菌剂的研制与开发[J].河北农业大学学报,1996(7):19-03.
- [8] 刘学端,张碧峰.抗植物病毒剂的研究和应用[J].国外农学—植物保护,1994,7(3):8-11.
- [9] 段路路,张民,杨越超.波尔多液营养保护剂对番茄缺铁锌症矫治及生长效应研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):89-94.
- [10] 路艳艳,张民,田晓飞,等.铜基营养保护剂对棉花生长和产量的影响[J].棉花学报,2015,27(5):454-462.
- [11] 鲁如坤.土壤农业化学分析力法[M].北京:中国农业科技出版社,2001.
- [12] 韩平,马智宏,陈宗光,等.西瓜对外源无机碘的吸收与利用研究初探[J].中国农学通报,2011,27(25):205-209.
- [13] 翁焕新,严爱兰,洪春来,等.蔬菜植物对  $\text{I}^-$ ,  $\text{IO}_3^-$  的吸收及其生物有效性[J].地球化学,2012,41(4):393-400.
- [14] 刘继培,哈雪娇,陈宗光,等.施用碘肥对油麦菜产量,品质及碘富集效果的影响[J].中国农学通报,2014,30(7):184-188.
- [15] 戴九兰,朱连鑫.碘肥对富碘蔬菜菠菜品质的影响[J].安徽农业科学,2013,41(12):5339-5341.

## Effects of Iodinated Copper-based Foliar Fertilizer on Iodine Content, Yield and Quality of Radish

TANG Lingyun<sup>1</sup>, MA Jinzhao<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>1</sup>, CHEN Haining<sup>2</sup>, LIU Wenlong<sup>2</sup>, YANG Maofeng<sup>1,3</sup>

(1. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University/Engineering Laboratory for Tranlin Fulvic Acid Based Fertilizer/National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Tai'an, Shandong 271018; 2. State Key Laboratory of Nutrition Resources Integrated Utilization/Kingenta Ecological Engineering Group Co. Ltd., Linshu, Shandong 276700; 3. Shandong Tranlin Jiayou Fertilize Co. Ltd., Liaocheng, Shandong 252800)

**Abstract:** In order to study the effects of iodinated copper-based foliar fertilizer (CBFF-I) on iodine content, yield, and quality of radish (*Raphanus sativus* L.) and to provide the basis for its scientifically application in practice, a pot experiment was investigated in our research, with the application of water and traditional bordeaux mixture (BDM) as comparison. The results indicated that copper content in the soil of CBFF-I treatment decreased significantly by 39.10%—50.62% compared with that of BDM treatment. However, copper contents in the plant were not significant among all treatments. In comparison to the control, treatment of  $1\text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  copper-based foliar fertilizer containing potassium iodate (CBFF-KIO1) increased iodine content in roots by 93.41% and the soluble protein

doi:10.11937/bfyy.20171343

# 吴茱萸多酚的酶法提取工艺及其 抗氧化抑菌活性

王明华<sup>1</sup>, 邵明亮<sup>1</sup>, 高子怡<sup>2</sup>, 郝丽琴<sup>2</sup>, 赵二劳<sup>2</sup>

(1. 忻州师范学院 生物系, 山西 忻州 034000; 2. 忻州师范学院 化学系, 山西 忻州 034000)

**摘 要:**以吴茱萸为试材,在单因素试验的基础上,通过正交实验对吴茱萸中多酚的酶法提取工艺进行了优化,采用清除 DPPH· 法评价了吴茱萸多酚的抗氧化活性,利用滤纸片法研究了吴茱萸多酚的抑菌活性。结果表明:吴茱萸中多酚酶法提取的最佳工艺为提取温度 60 ℃、提取时间 2.5 h、纤维素酶浓度 0.25 mg·mL<sup>-1</sup>、pH 4.0。在此工艺条件下,吴茱萸多酚提取率为 5.58%。吴茱萸多酚清除 DPPH· 的能力弱于维生素 C,但也具有一定的抗氧化活性。吴茱萸多酚对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌和金黄色葡萄球菌均具有抑制作用,抑制作用大小顺序为大肠杆菌>枯草芽孢杆菌>金黄色葡萄球菌。吴茱萸多酚具有作为天然抗氧化剂和食品防腐剂的应用前景,值得进一步研究开发。

**关键词:**吴茱萸;多酚;酶法提取;抗氧化活性;抑菌活性

**中图分类号:**S 567.23<sup>+</sup>9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0126-06

吴茱萸(*Euodia rutaecarpa* (Juss) Benth.) 属芸香科吴茱萸属落叶灌木或小乔木,又名淡茱

萸、吴萸、米辣子等,原野生于浙江、江西、贵州、四川、陕西、云南等温热地的路旁、山地或疏林下,现湖南、云南、四川、贵州等地有较多人工种植栽培<sup>[1]</sup>,资源丰富。中药吴茱萸是指吴茱萸及其变种石虎或疏毛吴茱萸的干燥近成熟果实,为常用中药。吴茱萸始载于《神农本草经》,被列为中品,其味辛苦、性大热,有温中散寒、疏肝下气、助阳止泻、燥湿定痛之功效<sup>[2]</sup>。现代科学研究表明<sup>[3]</sup>,吴茱萸中含有多酚,具有抗氧化、抗病毒、抑菌、降压和防治肥胖等作用。多酚作为植物次生代谢产物,具有多种药理功效和生物活性,被喻为“第七大营养物质”<sup>[4-5]</sup>,广泛应用于食品、医药和化妆品

**第一作者简介:**王明华(1982-),女,博士,讲师,研究方向为天然产物化学。E-mail:441548507@qq.com.

**责任作者:**赵二劳(1952-),男,本科,教授,现主要从事天然产物化学的教学与科研等工作。E-mail:zel0350@163.com.

**基金项目:**国家级大学生创新创业训练计划资助项目(201610124001);山西省高等学校大学生创新创业训练计划资助项目(2016381);忻州师院化学化工创新基地资助项目(2017)。

**收稿日期:**2017-07-10

content of roots by 39.26%. Treatment using 2 g·L<sup>-1</sup> copper-based foliar fertilizer containing potassium iodide (CBFF-KI2) increased the soluble protein content in roots by 37.87%. Treatment of 1 g·L<sup>-1</sup> (CBFF-KI1) decreased iodine content in roots by 44.38% and vitamin C content of root by 23.75%. CBFF-KI1 and CBFF-KI2 treatments significantly increased nitrite content by 53.95% and 92.68%, respectively. In conclusion, applying copper-based foliar fertilizer containing potassium iodate with a spraying concentration of 1 g·L<sup>-1</sup> was recommended for radish cultivation.

**Keywords:** radish; iodine; copper; biological effects