

宋宁,李柯妮,王康才,等.根外喷施铜、锰、锌对桔梗生长及品质的影响[J].江苏农业科学,2015,43(9):285-289.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.095

根外喷施铜、锰、锌对桔梗生长及品质的影响

宋宁,李柯妮,王康才,魏慧玲,裘媛媛,段云晶

(南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095)

摘要:为了解微量元素 Cu、Mn、Zn 对桔梗生长及主要药用指标成分桔梗皂苷 D 累积的影响,以一年生桔梗为材料,采用盆栽方式,在改良 Hoagland 基本营养液的基础上设定不同浓度的 Cu、Mn、Zn 梯度根外喷施处理,利用 Li-6400 便携式光合仪测定光合作用相关指标,采用电感耦合等离子发射光谱法和 HPLC 法分别测定桔梗根中各矿质元素和桔梗皂苷 D 的含量。结果表明,一定浓度的 Cu、Mn、Zn 对桔梗的各项生理指标具有促进作用。在 0.102 mg/盆的 Cu、8.86 mg/盆的 Mn 以及 3.10 mg/盆的 Zn 浓度下,除桔梗生理指标和光合作用指标含量显著增加外,桔梗皂苷 D 的含量也分别增加为 1.562、1.531、1.438 mg/g,试验中可以看出在 3.10 mg/盆的 Zn 喷施下 Cu 的含量最高为 16.71 mg/kg,同时在 0.102 mg/盆的 Cu 喷施下 Zn 的含量最高为 29.89 mg/kg,说明在桔梗中 Cu 和 Zn 的含量具有相互影响作用。Mn 对 Fe 元素具有明显的拮抗作用,在 Mn 浓度为 8.86 mg/g 时 Fe 的含量最大为 345.68 mg/kg,而在 12.80 mg/g 的 Mn 时 Fe 的含量明显下降为 146.77 mg/g。综合分析以 0.102 mg/盆的 Cu、8.86 mg/盆的 Mn 以及的 3.10 mg/盆的 Zn 浓度处理的桔梗生长最好。

关键词:桔梗;微量元素;光合特性;桔梗皂苷 D

中图分类号: S567.23⁺9.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0285-05

桔梗 [*Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A. DC.] 为桔梗科植物,以根入药,性平,味苦、辛,具有化痰止咳、利咽开音、宣畅肺气、排脓消痈的功效,是我国销量最大的 40 种传统中药材之一^[1]。现代药理研究表明,桔梗有免疫调节、抗炎、保肝等作用。同时,桔梗也是一种药、食及观赏兼用的经济植物,每年作为蔬菜大量出口韩国、日本,国内许多地区如东北也有食用习惯^[2]。由于桔梗每年药用尤其是出口需求量巨大,野生资源不能满足市场需求,国内已出现了许多规模化桔梗种植基地^[3]。但是,由于桔梗野生转家种年限不长,栽培相关研究滞后,本研究针对生产中存在的问题,参考其他有关微量元素对中药栽培的试验^[4],以及桔梗主产区土壤肥力现

状,采用盆栽方式,根外喷施不同浓度的 Cu、Mn、Zn 处理,初步研究 Cu、Mn、Zn 3 种微量元素对桔梗生长和有效成分的影响,以期对桔梗的栽培提供技术支持。

1 材料和方法

1.1 试验材料

桔梗种子来自内蒙古赤峰市,经南京农业大学王康才教授鉴定为桔梗科植物桔梗 [*Platycodon grandiflorum* (Jacq.) A. DC.] 种子。2012 年 3 月播种于 29 cm × 26 cm 规格塑胶盆中,栽培基质为:蛭石:珍珠岩 = 5:1,栽种种子深度为 2 cm,栽种后置于南京农业大学园艺学院日光温室内,生长期每隔 10 d 浇改良 Hoagland 基本营养液 500 ml(大量元素采用霍格兰营养液配方,微量元素采用阿农营养液配方,基本营养液 pH 值为 6.0),所用试剂均为分析纯,营养液配方见表 1、表 2。

1.2 试验设计

于 2012 年 5 月上旬桔梗种子发芽并生长一段时间后开始试验处理,在 Hoagland 基本营养液的基础上进行变化,采

收稿日期:2014-09-02

基金项目:江苏省大学生实践创新训练计划(编号:1310307016x)。

作者简介:宋宁(1992—),女,山东蓬莱人,研究方向为中药栽培。

E-mail:773821460@qq.com。

通信作者:王康才,教授,硕士生导师,从事药用植物栽培与生理方面的研究。E-Mail:wangkai@njau.edu.cn。

配度 SI > 90 进行检索,并未检索到吉马酮。在整个检索工作中,吉马酮匹配度仅在到 60 左右,因此试验中未能检测到吉马酮的原因极可能是此成分已挥发。挥发油是极易挥发的物质,在挥发油提取后,用离心管保存时未能及时封口,或未能及时放入冰箱保存;提取挥发油的时间与进行 GC-MS 分析的时间相差较大,挥发油在存放时间较长等均会造成该物质挥发。

根据以上结果分析,综合单株产量、挥发油得油率、有效成分相对含量 3 个方面考虑,玉 13/C106、玉 14/C29、玉 18/B97 在所有样品中品质较优,该分析结果可以为后期选育优良种质试验提供依据。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2010:257-258.
- [2] 展晓日,曾昭武,孟凡莉,等. 莪术油药学研究进展[J]. 杭州师范大学学报:自然科学版,2011,10(5):454-458.
- [3] 秦铁城,文海斌,陈 碾,等. 莪术醇抗肿瘤研究进展[J]. 现代中西医结合杂志,2013,22(18):2043-2045.
- [4] 王 建,赵应学. 不同种质类型广西莪术挥发油成分多样性研究[J]. 药物分析杂志,2010,30(6):1072-1075.

表 1 霍格兰营养液配方组成及元素浓度 mmol/L

化合物		元素浓度					
分子式	浓度	N	P	K	Ca	Mg	S
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	4.0	8.0			4.0		
KNO ₃	6.0	6.0		6.0			
MgSO ₄ · 7H ₂ O	2.0					2.0	2.0
NH ₄ H ₂ PO ₄	1.0	1.0	1.0				
合计		15.0	1.0	6.0	4.0	2.0	2.0

表 2 阿农营养液配方组成及元素浓度 mg/L

化合物分子式	元素	元素浓度
Na ₂ Fe - EDTA	Fe	2.80 ~ 5.60
H ₃ BO ₃	B	0.50
MnSO ₄ · 4H ₂ O	Mn	0.50
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	Zn	0.05
CuSO ₄ · 5H ₂ O	Cu	0.02
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₇ · 4H ₂ O	Mo	0.01

用 Cu、Mn、Zn 单因素 3 个水平的设计处理,其中 Cu、Mn、Zn 分别由 CuSO₄ · 5H₂O、MnSO₄ · 4H₂O、ZnSO₄ · 7H₂O 提供。以浇基本营养液的麦冬为对照组(CK),每个处理组 8 盆,10 月到 11 月下旬开始测定各指标。喷施浓度设计见表 3。

表 3 试验各处理 Cu、Mn、Zn 的设计 mg/盆

组号	Cu	Mn	Zn
1(Cu-1)	0.026	5.39	1.94
2(Cu-2)	0.102	5.39	1.94
3(Cu-3)	0.141	5.39	1.94
4(Mn-1)	0.064	2.42	1.94
5(Mn-2)	0.064	8.86	1.94
6(Mn-3)	0.064	12.08	1.94
7(Zn-1)	0.064	5.39	0.79
8(Zn-2)	0.064	5.39	3.10
9(Zn-3)	0.064	5.39	4.25
CK	0.064	5.39	1.94

1.3 测定方法

1.3.1 光合色素含量的测定 叶绿素含量采用王学奎的方法^[5]测定。

1.3.2 水溶性总糖含量测定 参照史树德等的方法^[6],采用蒽酮比色法进行测定。

1.3.3 可溶性蛋白质含量测定 参照史树德等的方法^[6],采用考马斯亮蓝法测定。

1.3.4 光合参数测定 使用美国 Li-COR 公司的 Li-6400 便携式光合仪,于桔梗生长旺盛期(6 月 24 日 09:00—11:00)在自然条件下进行光合参数的测定。净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 含量(C_i)等参数由仪器直接测得,选择开放式气路,红蓝光源,叶室光合有效辐射为 800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,样品室内气流速率为 500 $\mu\text{mol}/\text{s}$,参比室 CO₂ 浓度为 380~410 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,叶片温度为 30~32 $^{\circ}\text{C}$,样品室相对湿度为 25%~40%。测定时均选择生长良好、大小基本一致的健康植株各 3 株,每株选择从顶部向下 15 cm 处大小基本一致、长势旺盛的 2~4 片小叶,并对叶片中部进行测定。每次测定均选取固定标记的叶片,每次 3 个重复,每重复记录 5 个观测值,取其平均值作为该处理测定值。

1.3.5 Cu、Mn、Zn 等元素含量测定 每个处理取样 10 株,

所取样品分成根系和叶 2 部分,105 $^{\circ}\text{C}$ 杀青 10 min 后 70 $^{\circ}\text{C}$ 恒温烘干,用小型植物粉碎机分别粉碎,过 80 目筛。用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-AES 法)^[7]测定 Cu、Mn、Zn 3 种元素的含量。

1.3.6 桔梗皂苷 D 含量测定 参考文献[1]的方法,结合朱丹妮等^[8]和许传莲等^[9]的试验,采用 HPLC 法测定桔梗皂苷 D 的含量。精确吸取对照品桔梗皂苷 D 溶液 2、4、6、8、10、12 μL 进样,按上述色谱条件测定峰面积。以峰面积为纵坐标、进样量为横坐标绘制标准曲线,得回归方程:桔梗皂苷 D 含量 $Y = 26\,294x - 6\,152.8, r = 0.999\,0$ (图 1)。

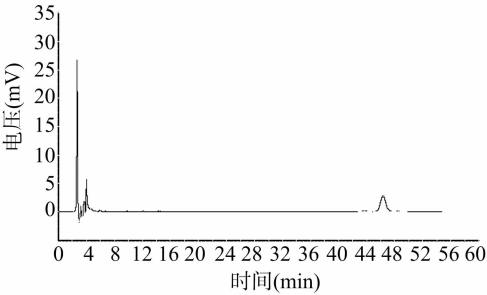


图1 对照样品图谱

按供试品溶液制备项下方法制备样品溶液,用 0.45 μm 滤膜过滤后,进样 15 μL ,按上述色谱条件测定,每次 60 min。样品谱图见图 2。

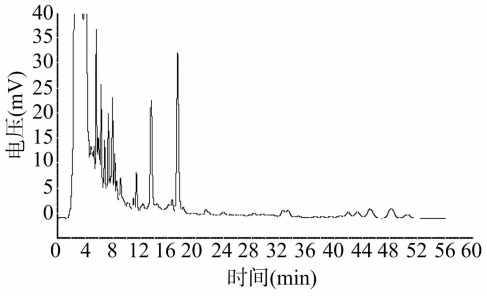


图2 桔梗样品图谱

1.3.7 数据处理 采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 Cu、Mn、Zn 处理对桔梗根可溶性蛋白质、可溶性糖含量影响

试验结果(表 4)表明,随着 Cu 浓度的逐渐升高,桔梗蛋白质含量和可溶性糖含量均是先升高后降低,在 Cu-3 时含量受到了抑制,于 Cu-2 时各生理指标含量最大,相对于对照组含量分别增加了 13.4%、51.0%、47.3%。

在 Mn-1 时蛋白质的含量最高,为 24.86 mg/g,相对于对照组含量显著提高了 57.6%,可溶性糖含量也是随着 Mn 浓度的增加呈现先上升后下降的趋势,在 Mn-2 时浓度最高,为 0.83%。

可溶性蛋白质含量随着 Zn 浓度的增大而呈现增大的趋势,在 Zn-3 具有显著性差异,含量为 21.39 mg/g;可溶性糖含量在 Zn-1 时含量最高,为 1.02%,与对照组有显著性差异,相对于对照组显著提高了 85.4%。

表 4 不同处理对桔梗生长发育中生理指标的影响 (n=3)

处理	蛋白质 (mg/g)	可溶性糖 (%)
Cu-1	11.56 ± 0.494f	0.63 ± 0.010c
Cu-2	23.82 ± 1.653ab	0.81 ± 0.037b
Cu-3	18.85 ± 1.579d	0.62 ± 0.009c
Mn-1	24.86 ± 1.855a	0.63 ± 0.053c
Mn-2	21.41 ± 0.723c	0.83 ± 0.066b
Mn-3	22.68 ± 0.113bc	0.70 ± 0.041c
Zn-1	17.13 ± 0.725de	1.02 ± 0.082a
Zn-2	17.06 ± 1.241de	0.63 ± 0.007c
Zn-3	21.39 ± 0.283c	0.67 ± 0.023c
CK	15.77 ± 0.885e	0.55 ± 0.034d

注:数据后不同小写字母表示差异显著 (P<0.05),下同。

2.2 不同处理对桔梗光合特性的影响

试验结果(图 3)表明,一定浓度的 Cu、Mn、Zn 对桔梗叶绿素的形成具有明显的促进作用,在 Cu-2 和 Mn-2 处理下叶绿素明显高于对照组,分别为 3.64 mg/g 和 3.57 mg/g,这和 Cu 和 Mn 有助于光合色素形成有关系。相对来说,不同浓度 Zn 处理下,叶绿素的含量逐渐降低,说明随着 Zn 浓度的升高可能抑制桔梗叶绿素的形成。

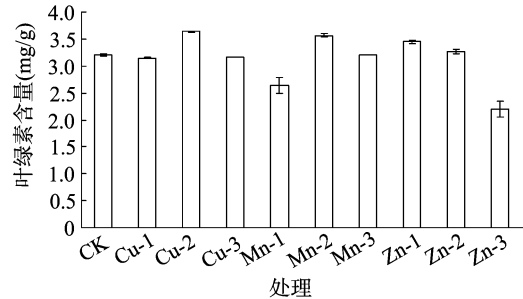


图 3 不同处理对桔梗叶绿素含量的影响 (n=3)

净光合速率 P_n 可以反映物种光合能力的大小。试验结果(表 5)表明,随着喷施 Cu 浓度的升高,净光合速率 P_n 呈现先升高后下降的趋势,在 Cu-2 时净光合速率含量与对照组有明显的差异,为 $6.29 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,说明适宜的 Cu 有利于桔梗光合作用,而蒸腾速率 T_r 随着 Cu 浓度的增加没有明显变化,水分利用率在 Cu-2 时达到最高,相对于对照组提

高了 16.7%。

随着喷施 Mn 浓度的升高, P_n 在 Mn-2 时为 $12.49 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,与对照组有明显差异; T_r 呈现先上升后下降的趋势,在 Mn-2 时含量最高,为 $3.53 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,说明 Mn-2 明显提高了桔梗的光合效率。水分利用效率是植物消耗单位量的水分所固定的 CO_2 的量,表示植物对水分的利用水平,是光合速率和蒸腾速率的比值。水分利用率在 Mn-2 和 Mn-3 时与对照组相比具有显著性差异,相对于对照组提高了 42.2% 和 41.9%,可以看出除了最利于桔梗光合效率的 Mn-2 之外, Mn-3 虽然对 P_n 和 T_r 没有显著影响,但是对桔梗水分利用率具有显著的提高。

随着喷施 Zn 浓度的增加, P_n 和 T_r 的含量呈现先上升后下降的趋势, Zn-2 与对照组相比有明显的提高, P_n 相对于对照组提高了 77.4%, T_r 相对于对照组提高了 2 倍,说明一定浓度的 Zn 可以提高桔梗的光合效率。水分利用率在 Zn-1 时,与对照组相比显著提高了 58.5%,说明 Zn-1 虽然提高不了桔梗的光合速率,但是在一定程度上抑制了桔梗的 T_r ,因而提高了桔梗的水分利用率, Zn-3 与 Zn-1 相似,相对来说 Zn-2 提高了 T_r ,因而降低了桔梗的水分利用率。

气孔导度 (G_s) 则是指植物气孔传导 CO_2 和水汽的能力,是反映气孔行为最为重要的生理指标,凡是影响植物光合作用和叶片水分状况的各种因素都有可能对气孔导度造成影响^[10]。试验结果(表 5)表明,随着喷施 Cu 浓度的升高, C_i 也呈现逐步上升的趋势,在 Cu-2 时含量与对照组有显著性差异,提高了 9.7%, Cu-1 时 C_i 的含量只占对照组的 84.1%, Cu-3 与对照组无显著性差异,对于 G_s 来说,除了 Cu-2 比对照组有显著性提高外,其他 Cu 处理与对照组均无显著性差异。由于在 Cu-2 处的气孔 G_s 较大,进入胞间的 CO_2 浓度较大。随着喷施 Mn 浓度的升高, C_i 和 G_s 的趋势与喷施 Cu 的趋势相似,在 Mn-2 时相对于对照组来说有显著性的提高。随着喷施 Zn 浓度的增加, C_i 和 G_s 呈现逐渐下降的趋势,说明 Zn-3 对桔梗的气孔张开已经起到了抑制作用,而 Zn-1 和 Zn-2 相对于对照组显著提高了 C_i 和 G_s 。

由此可见,在一定的 Cu、Mn、Zn 处理下,桔梗光合作用受抑制与气孔因素有关,但气孔因素不是限制桔梗光合作用的主要因素。

表 5 不同处理对桔梗净光合速率、蒸腾速率与水分利用效率的影响 (n=3)

处理	净光合速率 P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	蒸腾速率 T_r [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	胞间 CO_2 浓度 C_i ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	气孔导度 G_s [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	水分利用效率 ($\mu\text{mol}/\text{mmol}$)
Cu-1	4.13 ± 0.473e	1.13 ± 0.277bed	184.67 ± 11.239e	0.058 ± 0.006def	3.806 ± 1.067d
Cu-2	6.29 ± 0.184c	1.21 ± 0.283bed	243.33 ± 7.767b	0.074 ± 0.004cd	5.402 ± 1.306bc
Cu-3	5.20 ± 0.341d	1.30 ± 0.185bc	231.33 ± 2.516bc	0.049 ± 0.008ef	4.055 ± 0.729d
Mn-1	5.38 ± 0.442cd	1.21 ± 0.055bed	226.33 ± 3.055c	0.054 ± 0.005ef	4.456 ± 0.247cd
Mn-2	12.49 ± 0.140a	3.53 ± 0.405a	260.67 ± 8.504a	0.167 ± 0.024a	6.396 ± 0.402ab
Mn-3	9.23 ± 0.301b	1.48 ± 0.056b	147.0 ± 8.185f	0.088 ± 0.006c	6.386 ± 0.201ab
Zn-1	5.37 ± 0.417cd	0.760 ± 0.126d	270.33 ± 1.527a	0.043 ± 0.005f	7.132 ± 0.882a
Zn-2	8.57 ± 0.068b	3.363 ± 0.239a	273.33 ± 10.598a	0.116 ± 0.011b	2.584 ± 0.455e
Zn-3	5.78 ± 0.192cd	0.893 ± 0.018cd	205.33 ± 3.055d	0.064 ± 0.003de	6.477 ± 0.327ab
CK	4.83 ± 0.125de	1.07 ± 0.037bed	219.67 ± 8.083c	0.056 ± 0.007ef	4.499 ± 0.114cd

2.3 不同处理对桔梗根系中矿质元素含量的影响

植物体内的 Cu 能够保持免疫系统正常运转;Mn 是蛋白质合成、遗传信息传递的必需元素,并能维持内分泌平衡,提高免疫力,促进血细胞合成生长;而 Zn 同样能够提高免疫力,并能活血清热,对类风湿关节炎也有显著抗炎作用^[11-13]。

试验结果(表 6)表明,在不同 Cu、Mn 水平处理下,Cu 与对照组相比没有显著性的变化,而在不同 Zn 水平处理下,桔梗根部 Cu 呈现先上升后急剧下降的趋势,Zn-2 比对照组提高了 33.7%。桔梗根部的 Mn 含量在不同 Cu、Mn、Zn 水平处理下,都呈现出先上升后下降的趋势,分别在 Cu-2、Mn-2、Zn-2 与对照组相比含量显著提高了 40.2%、1.5 倍、1.1 倍。在不同 Cu 水平处理下,Zn 的含量在 Cu-2 时与对照组相比有显著提高,说明喷施一定浓度的 Cu 能增加桔梗体内 Zn 的积累,说明两者之间存在一定的互效作用。

Fe 元素是造血原料,有补血功能,并有利于含铁酶的合成、修复和正常运转^[14]。在不同 Cu、Mn、Zn 水平处理下,Fe 含量之间都存在显著性的差异,说明不同浓度的 Cu、Mn、Zn 对 Fe 的集成都有不同程度的影响,从试验数据来看,Cu-2、Mn-2、Zn-1 对 Fe 含量的富集有显著的促进作用,比对照组分别提高了 52.7%、24.3%、2.1%。

在植物体内的灰分元素中,Ca 的含量仅次于钾,Ca 元素参与诸如气孔运动、光合作用、光敏色素反应等生理过程,能有效改善逆境下植物的光合能力,对增强植物抗逆性具有重要意义^[15]。从表 6 可以看出,在不同 Cu、Mn、Zn 水平处理下,Ca 含量除了 Mn-2 比对照组显著提高了 41.6% 外,其他处理与对照组相比无显著性变化或者比对照组低,说明对桔梗喷施一定浓度的 Mn,对 Ca 的积累具有一定的影响作用。

表 6 不同处理对桔梗根系中矿质元素含量的影响(n=3)

处理	铜 Cu (mg/kg)	锰 Mn (mg/kg)	锌 Zn (mg/kg)	铁 Fe (mg/kg)	钙 Ca (mg/g)
Cu-1	12.66±0.325ab	25.22±0.776ef	15.30±0.799d	192.69±0.838f	1.92±0.022b
Cu-2	10.70±0.461b	33.65±0.632c	29.89±0.633a	281.34±0.862b	1.59±0.025cd
Cu-3	9.91±0.461b	25.27±0.738ef	17.44±0.443b	271.88±0.511c	1.33±0.069e
Mn-1	9.56±0.876b	27.38±0.483d	16.49±0.425bc	227.57±1.272e	1.92±0.116b
Mn-2	10.19±0.706b	57.85±0.939a	17.01±0.490bc	345.68±0.534a	2.57±0.307a
Mn-3	9.21±0.652b	25.97±0.553e	16.01±0.717cd	146.77±1.103i	1.76±0.063bc
Zn-1	11.19±0.231b	21.76±1.223g	10.03±0.687g	231.16±1.006d	1.80±0.009b
Zn-2	16.71±0.893a	51.24±0.230b	11.58±0.466f	181.28±0.316h	1.46±0.023de
Zn-3	9.64±0.130b	34.55±0.091c	14.05±0.376e	185.46±0.190g	1.42±0.051de
CK	12.49±0.227ab	24.00±0.884f	10.47±0.107g	226.35±0.965e	1.78±0.066b

2.4 不同处理对桔梗根中桔梗皂苷 D 含量的影响

试验结果(图 4、图 5、图 6)表明,喷施不同浓度的 Cu、Mn、Zn,桔梗皂苷 D 含量与对照组相比都具有显著性的差异,在 Cu-2、Mn-2、Zn-2 时,桔梗皂苷 D 含量分别为 1.562、1.531、1.438 mg/g,比对照组分别提高了 14.9%、12.6%、5.7%。说明喷施一定浓度的 Cu、Mn、Zn 可以提高桔梗皂苷 D 的含量。

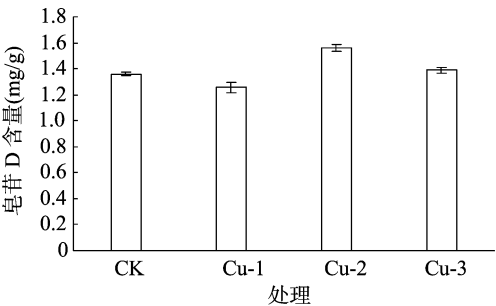


图 4 Cu 对桔梗皂苷 D 含量的影响(n=3)

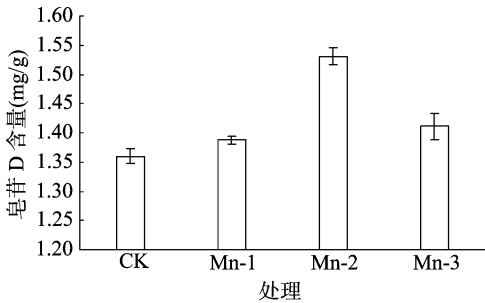


图 5 Mn 对桔梗皂苷 D 含量的影响(n=3)

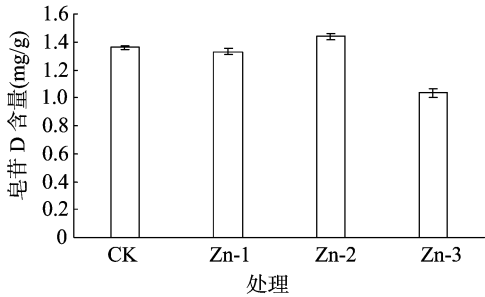


图 6 Zn 对桔梗皂苷 D 含量的影响(n=3)

3 讨论与结论

铜是植物体内组成多种氧化酶的成分,也是呼吸作用的触媒,它参与叶绿素的合成以及糖类与蛋白质的代谢,铜还具有提高叶绿素稳定性的能力,避免叶绿素过早遭受破坏,有利于叶片更好地进行光合作用;锰参与蛋白质和无机酸的代谢、光合作用中二氧化碳的同化、碳水化合物的分解以及胡萝卜

素、核黄素和维生素 C 的形成等,它对叶绿素的形成和糖类的积累转运、对于种子的发芽和幼苗的生长以及植株的结实等均有很好的作用;锌是许多酶的组成成分,直接参与植物生长素的形成,对植物体内物质水解、氧化-还原过程等有重

要作用,对蛋白质的合成起催化作用,促进种子成熟^[16]。本试验中,喷施 Cu、Mn 都显著提高了叶绿素的含量,但是随着喷施 Zn 的浓度增高,叶绿素的含量呈现逐渐下降的趋势,这与杜俊波等的研究结果^[22]相似,过高浓度的锌处理会对内环境造成胁迫,最终影响光合色素代谢过程中酶的活性以及光合色素合成。

有关微量元素对中草药生长及其化学物质的影响已有较多报道^[17-19]。微量元素不仅影响植物的根系营养及生理活动,促进植物的生长发育,而且还参与植物有效成分的结构功能而影响植物化学成分的形成和积累,最终影响有效成分的量及药效。例如:吴叶宽等采用单因素随机区组设计进行的田间试验发现,锰肥和锌肥喷施能提高黄花蒿产量及青蒿素含量^[20],目前由于各地土壤内微量元素量的情况不同,因此为保证种植的中药材优质高产,就必须要以适宜的方式来添加这些植物生长必需的元素。

在本研究中,一定浓度的 Cu、Mn、Zn 都提高了桔梗皂苷 D 的含量。施用适量 Mn 能显著增加桔梗根中桔梗皂苷 D 的量,且皂苷量随施用浓度的增加表现为上升趋势,在试验条件下,喷施浓度为 36.60 mg/L 的 Mn 桔梗皂苷 D 显著增加为 1.531 mg/g。这可能是由于 Mn 可抑制 IAA 氧化酶活性,从而促进根的生长及其生物产量增加,也可能是植物体内某些酶对 Mn 有高度专一性,如郭敏等发现 Mn 可显著增加丹皮根中 PAL 酶活性从而使药材中活性物质质量增加^[21]。

微量元素在植物体内的累积与分布有一定的规律性,彼此之间有一定的相互影响。从本试验可以看出 Zn 和 Cu 之间存在一定的相互作用,在一定的浓度下可以促进彼此的积累。锰和铁存在着拮抗关系,在植物中这 2 种元素应保持适宜比例,才能使植物生长正常^[23],在 Mn-3 时,Fe 的含量急剧下降,可能两者发生了拮抗作用。一定浓度的 Cu 和 Mn 对于 Ca 的积累也起到了促进作用。本研究桔梗微量元素之间的相互促进胁迫关系提供了参考。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:化学工业出版社,2010:259.
- [2] 郭丽,张村,李丽,等. 中药桔梗的研究进展[J]. 中国中药杂志,2007,32(3):181-186.
- [3] 李松,杨靖民,刘晓坤,等. 桔梗吸肥规律的研究[J]. 吉林农业大学学报,2009,31(1):62-64.
- [4] 吴慧贞,刘德辉,王培燕,等. 铜锌不同施用方式对栽培丹参生长和丹参酮类物质积累的影响[J]. 土壤,2011,43(5):781-786.
- [5] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出

版社,2000:134.

- [6] 史树德,孙亚卿,魏磊. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国林业出版社,2011:126.
- [7] 楼启正,徐润生. 微波高压消解 HG-ICP-AES 法测定不同品种麦冬的微量元素[J]. 光谱学与光谱分析,2007,27(6):1218-1221.
- [8] 朱丹妮,舒变,邹慧,等. HPLC-ELSD 法测定桔梗中桔梗皂苷 D 的含量[J]. 植物资源与环境学报,2001,10(4):11-13.
- [9] 许传莲,郑毅男,杨腊虎,等. HPLC 法测定不同采收期及不同部位桔梗中桔梗皂苷 D 含量[J]. 吉林农业大学学报,2001,23(1):58-60,64.
- [10] 姜兆兴,张燕. 微量元素对益母草光合作用和水苏碱含量影响的研究[J]. 中国农学通报,2008,24(8):262-265.
- [11] 冯学梅,吴启勋. 8 种中草药中 8 种微量元素的主因子分析[J]. 西南民族大学学报:自然科学版,2008,34(5):974-977.
- [12] Başgel S, Erdemoğlu S B. Determination of mineral and trace elements in some medicinal herbs and their infusions consumed in Turkey[J]. The Science of the Total Environment,2006,359(1/2/3):82-89.
- [13] Kolasani A, Xu H, Millikan M. Evaluation of mineral content of Chinese medicinal herbs used to improve kidney function with cheinoinetrics[J]. Food Chemistry,2011,127:1465-1471.
- [14] 王新平. 火焰原子吸收光谱法测定八角茴香中的 8 种微量元素[J]. 药物分析杂志,2005,25(3):336-338.
- [15] 朱晓军,杨劲松,梁永超,等. 盐胁迫下钙对水稻幼苗光合作用及相关生理特性的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(10):1497-1503.
- [16] 沈惠国. 土壤微量元素对植物的影响[J]. 林业科技情报,2010,42(4):12-14.
- [17] 林兰稳,钟继洪,骆伯胜,等. 化橘红产地土壤中微量元素分布及其与化橘红药用有效成分的相关关系[J]. 生态环境,2008,17(3):1179-1183.
- [18] 李勇,黄小芳,丁万隆. 微量元素亏缺对人参根分泌物组成的影响[J]. 中国生态农业学报,2009,17(1):64-69.
- [19] 韩建萍,梁宗锁,张文生. 微量元素对丹参生长发育及有效成分的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(4):560-563.
- [20] 吴叶宽,李隆云,马鹏,等. 锌锰硼对黄花蒿产量和青蒿素含量的影响[J]. 重庆中草药研究,2011,35(1):62.
- [21] 郭敏. 无机元素与丹皮质量之间的关系研究[D]. 南京:南京农业大学,2008:7-8.
- [22] 杜俊波,徐福利,王渭玲,等. 锌对桔梗生长及有效成分的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(3):92-95.
- [23] 施益华,刘鹏. 锰在植物体内生理功能研究进展[J]. 江西林业科技,2003(2):26-28,31.