

张衡锋,李成忠,高利利,等.叶面喷施微肥对藏红花光合特性的影响[J].江苏农业科学,2015,43(12):285-287.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.091

叶面喷施微肥对藏红花光合特性的影响

张衡锋¹,李成忠¹,高利利¹,汤庚国²

(1.江苏农牧科技职业学院园林园艺系,江苏泰州 225300;2.南京林业大学生物与环境学院,江苏南京 210037)

摘要:采用田间叶面喷施微肥的方法,比较 Fe、Zn、Mn、Cu 肥不同浓度处理对藏红花叶片光合和叶绿素荧光特性的影响。结果表明:不同微肥对藏红花光合色素含量、光合特性和叶绿素荧光特性均能产生不同程度的影响,且相互之间具有一定的相关性。过量地施用微肥会产生负效应,抑制藏红花的光合作用。叶面喷施 0.2% 的铁肥、0.1% 锌肥、0.12% 的锰肥和 0.1% 的铜肥,有利于藏红花叶片光合效率的增强。

关键词:藏红花;微肥;光合特性;叶绿素荧光

中图分类号: Q945.11;S567.06

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2015)12-0285-03

微量元素是植物正常生长过程中不可或缺的营养元素,特别是 Fe、Zn、Mn 和 Cu 等元素的缺失,会使植物生长发育受到抑制,即使 N、P、K 肥充裕^[1]。微量元素肥料对丹参、薯蓣、益母草和百合等药用植物增产效应已被证实^[2-5]。药用植物的有效成分极有可能是某几种微量元素形成的配合物^[6],如藏红花中就富含 Fe、Zn、Mn、Cu 等微量元素^[7]。藏红花(*Crocus sativus* L.)素有“植物黄金”之称,以花柱入药,被列为珍稀名贵中药材。它原产南欧各国和伊朗等地,后经印度转入西藏,现在我国上海、江苏、浙江、山东、北京等地广为引种栽培^[8-9]。临床医学研究表明,藏红花在治疗心脑血管疾病、抑制病毒、增强免疫、治疗癌症等方面具有明确的药理效应^[10-11]。迄今对藏红花栽培技术研究主要集中在大量元素对藏红花生长发育的影响,而微量元素对藏红花光合生理方面的研究未见报道。本研究在大田种植条件下,使用不同种类和不同浓度的微肥,探索藏红花光合作用及叶绿素荧光特性的变化规律,为藏红花的优质高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在江苏省泰州市海陵区白马镇蒋庄村农田中进行,地处江苏中部,年均气温 14.4~15.1℃;年均降水量 1 037.7 mm,降雨日 113 d,土壤类型属典型潮土,0~30 cm 耕层土壤含有机质 15.89 g/kg,全氮 1.32 g/kg,全磷 1.12 g/kg,速效磷 23.24 mg/kg,全钾 18.08 g/kg,速效钾 104.80 mg/kg,有效铁 23.76 mg/kg,有效锌 1.76 mg/kg,有效锰 11.12 mg/kg,有效铜 1.4 mg/kg,pH 值 8.28。试验地基础肥料 3 000 kg/hm² 羊粪和 500 kg/hm² 过磷酸钙。

1.2 试验材料

藏红花种球由泰州市本草农业科技有限公司提供,藏红花种球平均质量(15±2.5)g,于 2013 年 12 月 8 日栽植,每

种球留 2 个芽,定植株行距为 10 cm×12 cm,小区面积 20 m×1.5 m。

1.3 试验设计

采用单因素随机区组设计,依据《农业中的微量营养素》^[1]各设 4 个浓度水平:FeSO₄·7H₂O (Fe1 0.2%、Fe2 0.4%、Fe3 0.6%、CK);ZnSO₄·7H₂O (Zn1 0.05%、Zn2 0.1%、Zn3 0.15%、CK);MnSO₄·H₂O (Mn1 0.06%、Mn2 0.12%、Mn3 0.18%、CK);CuSO₄·5H₂O (Cu1 0.05%、Cu2 0.1%、Cu3 0.15%、CK),以喷施清水为对照(CK),3 次重复。根据藏红花生长的生物学特性^[10],从 2 月 10 日(仔球膨大初期)开始每 7 d 喷施 1 次,共喷施 5 次,每次喷施微肥液 800 L/hm²。其他田间管理按当地栽培管理措施进行。于 3 月 25 日(快速生长期)选取代表性功能叶(顶部第 5~7 片功能叶)测定光合参数和荧光参数,并采集测定叶片带回实验室进行叶绿素含量的测定。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 叶绿素含量的测定 参照李合生等的方法^[11],采用分光光度法测定藏红花叶片叶绿素含量。

1.4.2 光合作用参数的测定 选择晴天上午(09:00—10:00),用 CIRAS-2 便携式光合测定系统,对不同施肥处理的藏红花完全展开功能叶进行测定,包括净光合速率(P_n)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)。测定过程中光照度约 800 μmol/(m²·s),大气温度(25±1)℃,大气 CO₂ 浓度为(400±10) μmol/mol。

1.4.3 叶绿素荧光参数的测定 用 FM-2 便携式荧光仪测定不同施肥处理的藏红花叶片叶绿素荧光参数。取暗适应 20 min 的叶片,测定初始荧光 F_0 和最大荧光产量 F_m ,可变荧光 $F_v = F_m - F_0$ 。

1.5 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理和制图,并用 DPS 专业版进行 One-way ANOVA 方差分析,方差齐性用 LSD 检验。

2 结果与分析

2.1 Fe、Zn、Mn、Cu 肥对藏红花叶片光合色素含量的影响

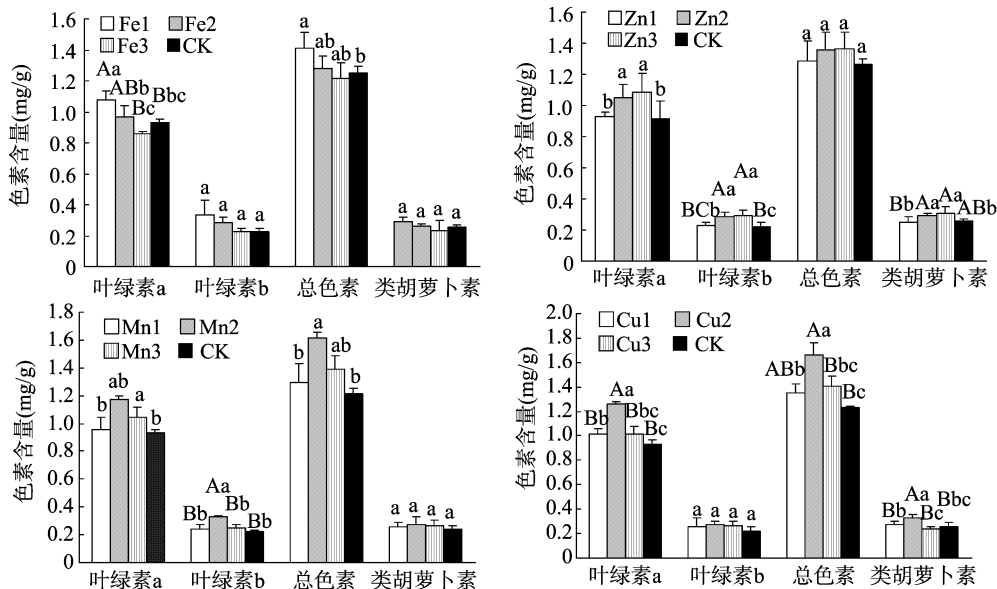
藏红花叶面喷施不同浓度的 Fe、Zn、Mn 和 Cu 肥后,对叶

收稿日期:2014-12-10

基金项目:江苏省泰州市科技计划(编号:TN201321);江苏农牧科技职业技术学院创新项目(编号:201412806063X)。

作者简介:张衡锋(1980—),男,江苏宜兴人,博士,讲师,工程师,从事药用植物栽培和生理特性研究。E-mail:584189434@qq.com。

片光合色素含量产生不同程度的影响(图 1)。随着 Fe 肥处理浓度的增加,各色素含量及总色素含量均呈现不断下降趋势,4 种 Fe 肥水平的叶绿素 a 含量之间有极显著差异($P < 0.01$),总色素含量之间有显著差异($P < 0.05$),当 Fe 肥浓度达到 0.6% 时,叶绿素 a、类胡萝卜素及总色素含量均低于对照(CK),说明 0.6% 的 Fe 肥对藏红花光合色素积累形成抑制;随着 Zn 肥处理浓度的增加,各色素含量及总色素含量均呈现不断上升趋势,4 种 Zn 肥水平的叶绿素 a 含量之间有显著差异($P < 0.05$),叶绿素 b 和类胡萝卜素含量之间有极显著差异($P < 0.01$),0.1% 和 0.15% 锌肥处理后,各色素及总色素含量之间无显著差异,说明 0.1% 的 Zn 肥已基本能够满足藏红花对 Zn 元素的需求;随着 Mn 和 Cu 肥处理浓度的增加,各色素含量及总色素含量均呈现出先升高后降低的抛物线变化趋势,4 种 Mn 肥水平的叶绿素 a 和总色素含量之间有显著差异($P < 0.05$),叶绿素 b 含量之间有极显著差异($P < 0.01$),4 种 Cu 肥水平的叶绿素 a、叶绿素 b 和总色素含量之间均有极显著差异($P < 0.01$),说明 0.12% 的 Mn 肥和 0.1% 的 Cu 肥最适于藏红花光合色素的积累。



图中数据为同一处理3次重复的平均值。不同大写字母表示组间存在极显著差异($P < 0.01$);不同小写字母表示组间存在显著差异($P < 0.05$)

图1 Fe、Zn、Mn、Cu 肥对藏红花叶片光合色素含量的影响

2.2 Fe、Zn、Mn、Cu 肥对藏红花叶片光合参数的影响

由表 1 可知,4 种微肥对藏红花叶片光合参数的影响与对光合色素含量影响的结果相似,4 种 Fe 肥水平的气孔导度、胞间 CO_2 浓度和蒸腾速率之间有极显著差异($P < 0.01$),且当喷施浓度为 0.6% 的 Fe 肥时,光合参数均低于对照(CK);4 种 Zn 肥水平胞间 CO_2 浓度之间有显著差异($P < 0.05$),净光合速率、气孔导度和蒸腾速率之间有极显著差异($P < 0.01$);4 种 Mn 肥水平的净光合速率和气孔导度之间有极显著差异($P < 0.01$),蒸腾速率之间有显著差异($P < 0.05$);4 种 Cu 肥水平的蒸腾速率之间有极显著差异($P < 0.01$),气孔导度之间有显著差异($P < 0.05$)。

2.3 Fe、Zn、Mn、Cu 肥对藏红花叶片叶绿素荧光参数的影响

叶绿素荧光参数是分析光能利用途径的重要信息,也是指示光合作用的重要探针。由表 2 可见,4 种微量元素肥料对藏红花叶片 F_v/F_m 比值和 F_v/F_o 比值都有不同程度的影响。随着 Fe 肥浓度的增加, F_v/F_m 比值不断下降,且影响显著,且当喷施浓度为 0.6% 的 Fe 肥时, F_v/F_m 比值低于对照(CK);随着 Zn 肥浓度的增加, F_v/F_m 比值不断上升,但 4 种水平之间差异不显著。Mn 肥和 Cu 肥对 F_v/F_m 比值影响结果相似,均呈现出先升后降的变化趋势,且 4 种水平之间差异不显著。另外,随着浓度的升高,藏红花叶片 F_v/F_o 比值的的变化趋势与 F_v/F_m 比值相似,而且 4 种 Mn 肥水平的 F_v/F_o 比

值之间有显著差异($P < 0.05$),4 种 Cu 肥水平的 F_v/F_o 比值之间有极显著差异($P < 0.01$)。

3 讨论与结论

光合色素是光合作用的物质基础,与光合效率密切相关,光合色素的含量在一定程度上反映出植物生长状况^[12]。微量元素肥料通过参与叶绿素的光合作用,维持叶绿体的结构和相关酶的辅基从而调控植物的光合生理代谢。光合色素含量的变化,尤其是叶绿素 a 含量的变化,直接或间接地影响光合参数和叶绿素荧光参数的变化^[13]。光合色素的升高或降低调动藏红花叶片的潜在光化学活性和光能利用率的变化。在本试验中,各色素含量及总色素含量的升高或降低直接导致光合速率、气孔导度、细胞间隙 CO_2 浓度、蒸腾速率、 F_v/F_m 的比值和 F_v/F_o 的比值升高与降低,表现出较高的一致性,说明它们之间具有较好的相关性。

气孔导度是反映气孔阻力的一个重要参数,气孔导度越大,越有利于 CO_2 的进入,提高植物的蒸腾速率,也就越有利于提高光合效率。另外胞间 CO_2 浓度是光合生理生态研究中经常用到的一个重要参数^[14],在本研究中,藏红花叶片净光合速率与细胞间隙 CO_2 浓度之间呈正相关,说明光合速率的高低是由细胞间隙 CO_2 浓度的高低引起的,藏红花叶片光合速率的升高或降低可归因于气孔因素。另外 F_v/F_m 比

表 1 Fe、Zn、Mn、Cu 肥处理对藏红花光合参数的影响

处理	P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	G_s [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	C_i ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)	T_r [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
Fe1	3.100 ± 0.109a	108.002 ± 8.673Aa	323.333 ± 8.789Aa	1.440 ± 0.137Aa
Fe2	2.833 ± 0.101a	82.346 ± 5.150ABa	316.612 ± 12.109Aa	1.331 ± 0.128Aa
Fe3	2.500 ± 0.282a	51.415 ± 7.254Bb	262.623 ± 7.390Bb	0.570 ± 0.038Bb
CK	2.701 ± 0.347a	54.309 ± 7.836Bb	267.312 ± 13.812Bb	0.767 ± 0.062Bb
Zn1	2.567 ± 0.132Bb	76.453 ± 8.064ABab	257.009 ± 5.804b	0.971 ± 0.166ABbc
Zn2	3.367 ± 0.226Aa	89.076 ± 6.478Aa	287.301 ± 4.435a	1.020 ± 0.175ABab
Zn3	3.833 ± 0.249Aa	103.065 ± 6.833Aa	304.666 ± 6.751a	1.323 ± 0.087Aa
CK	2.701 ± 0.292Bb	54.098 ± 6.879Bb	267.312 ± 6.865ab	0.767 ± 0.056Bc
Mn1	2.600 ± 0.259Bb	75.008 ± 8.719ABab	278.006 ± 8.789a	0.953 ± 0.149ab
Mn2	3.467 ± 0.412Aa	91.076 ± 4.220Aa	314.309 ± 10.301a	1.213 ± 0.122a
Mn3	2.900 ± 0.261ABab	80.226 ± 8.149ABa	305.092 ± 7.175a	1.200 ± 0.127a
CK	2.701 ± 0.317ABb	54.343 ± 4.801Bb	267.312 ± 7.056a	0.767 ± 0.057b
Cu1	2.867 ± 0.211a	66.609 ± 9.533ab	293.257 ± 4.646a	0.607 ± 0.070Bc
Cu2	3.167 ± 0.161a	81.612 ± 5.239a	315.667 ± 12.852a	1.180 ± 0.121Aa
Cu3	2.767 ± 0.312a	58.056 ± 5.593ab	281.618 ± 8.582a	0.889 ± 0.105ABb
CK	2.701 ± 0.171a	54.324 ± 8.660b	267.312 ± 6.464a	0.767 ± 0.076Bbc

注:表中数据为平均值 ± 标准差;同列标注不同小写、大写字母表示组间差异显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$)。

表 2 Fe、Zn、Mn、Cu 肥处理对藏红花叶片叶绿素荧光参数的影响

处理	F_v/F_m	F_v/F_o
Fe1	0.795 ± 0.024ab	8.534 ± 0.220a
Fe2	0.772 ± 0.012ab	7.521 ± 0.142a
Fe3	0.739 ± 0.005b	6.659 ± 0.178a
CK	0.772 ± 0.044a	7.002 ± 0.148a
Zn1	0.785 ± 0.002a	7.604 ± 0.081a
Zn2	0.784 ± 0.045a	7.673 ± 0.133a
Zn3	0.803 ± 0.057a	9.666 ± 0.230a
CK	0.772 ± 0.037a	7.002 ± 0.232a
Mn1	0.782 ± 0.069a	7.599 ± 0.220Aa
Mn2	0.798 ± 0.005a	8.775 ± 0.315Aab
Mn3	0.784 ± 0.020a	4.742 ± 0.089ABb
CK	0.772 ± 0.021a	7.002 ± 0.293Bc
Cu1	0.788 ± 0.026a	6.603 ± 0.068a
Cu2	0.803 ± 0.024a	7.564 ± 0.147ab
Cu3	0.765 ± 0.027a	5.167 ± 0.160ab
CK	0.772 ± 0.023a	7.002 ± 0.148b

注:表中数据为平均值 ± 标准差;同列标注不同小写、大写字母表示组间差异显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$)。

值在胁迫条件下会明显下降,非胁迫条件下变化极小,不受物种和生长条件的影响^[24],从试验结果看,当藏红花叶面喷施高浓度(0.6%)Fe 时, F_v/F_m 比值明显下降,且处理之间存在显著差异,说明高浓度 Fe 已对藏红花形成胁迫,叶绿体 PSII 光化学活性受到破坏,光合电子传递受阻,从而影响植株的正常光合作用。另外藏红花叶片 F_v/F_m 比值和 F_v/F_o 比值变化趋势基本保持一致,说明 F_v/F_o 比值是 F_v/F_m 比值的另一种表达。

根据初步试验结果,Fe、Zn、Mn、Cu 肥对藏红花生长具有重要的作用,适量的施用这几种微量元素肥料可以改善植物生长条件,提高光合效率。建议在藏红花返青期叶面喷施 0.2% 的 Fe 肥、0.1% Zn 肥、0.12% 的 Mn 肥和 0.1% 的 Cu 肥,以增强藏红花叶片的光合效率。值得注意的是过量施用会产生负效应,抑制光合作用,如叶面喷施 0.6% 的 Fe 肥对藏红花叶片光合作用具有负作用,导致各色素含量及总色素含量、光合速率、孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率、 F_v/F_m 比值和 F_v/F_o 的比值均低于对照,此研究结果与蔺冬梅等的研究结果^[15]相似。至于各微量元素肥料与基肥之间、各微量元

素肥料之间的交互作用,以及各微量元素肥料对藏红花产量和品质的作用还需要进一步研究。

参考文献:

[1] Mortvedt J J, Giordano P M, Lindsay W L. 农业中的微量营养元素 [M]. 北京:农业出版社,1984.

[2] 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.

[3] 徐建中,盛东军,姚金富,等. 微肥对益母草生长和总生物碱积累的调控效应[J]. 中国中药杂志,2000,25(1):22-24.

[4] 王建安,林 菲,李艳芝,等. 铁、锰、锌肥对盾叶薯蓣根茎产量及薯蓣皂昔元的影响[J]. 中草药,2011,42(3):589-592.

[5] 黄 鹏,张文涛,路 喆. 叶面喷施锌、硼、锰肥对兰州百合干物质积累与分配的影响[J]. 中国生态农业学报,2010,18(2):295-298.

[6] 谢学建,张俊慧,马爱华. 微量元素与中药功效关系[J]. 时珍国医国药,1999,10(10):790-791.

[7] 许景秀,刘江琴. 中药番红花中 8 种金属元素含量的分析测定[J]. 药物分析杂志,2010,30(2):285-287.

[8] Escribano J, Alonso G L, Coca - Prados M, et al. Crocin, safranal and picrocrocin from saffron (*Crocus sativus* L.) inhibit the growth of human cancer cells *in vitro* [J]. Cancer Letters, 1996, 100(1/2):23-30.

[9] Wang C J, Cheng T C, Liu J Y, et al. Inhibition of protein kinase C and proto - oncogene expression by crocetin in NIH/3T3 cells [J]. Molecular Carcinogenesis, 1996, 17(4):235-240.

[10] 周珠扬,强小林,朱 磊,等. 藏红花人工栽培与种球繁育技术 [J]. 西藏科技,2011(2):25-26,31.

[11] 李合生,孙 群,赵世杰,等. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京:高等教育出版社,2000:134-137.

[12] 许大全,张玉忠,张荣铤. 植物光合作用的光抑制[J]. 植物生理学通讯,1992,28(4):237-243.

[13] Krause G H, Wei E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basis [J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1991, 42: 313-349.

[14] 陈根云,陈 娟,许大全. 关于净光合速率和胞间 CO₂ 浓度关系的思考[J]. 植物生理学通讯,2010,46(1):64-66.

[15] 蔺冬梅,徐世健,张新芳,等. 过量铁胁迫对豌豆幼苗光合特性和叶绿体膜的影响[J]. 草业科学,2011,28(11):1950-1956.