

新型叶面铁肥对李树叶片营养及光合效率的影响

余倩倩,董朝菊,邓烈,何绍兰,郑永强,谢让金,吕强,王树良,易时来

(西南大学柑桔研究所/中国农业科学院柑桔研究所,重庆,400712)

摘要 为了研究新型叶面铁肥对植物缺铁黄化的矫正效果,以10年生歪嘴李为试验材料,测定施铁处理对李叶片的叶绿素、营养状况、光合速率以及光能利用效率的影响。结果表明,新型叶面铁肥处理后,叶片叶绿素、铁含量显著提高,随着喷施次数增加,叶绿素呈递增趋势;喷施新型叶面铁肥后显著提高了叶片PSⅡ原初捕获激发能的效率(F_m/F_o)和光能转化效率(F_v/F_m),光合速率得到显著提升。综合比较,新型叶面铁肥比EDDHA-Fe的复绿效果好,且新型叶面铁肥400倍液处理在第一年获得最佳效果。

关键词 新型叶面铁肥;李叶片;营养;光合效率

Effect of New Iron Foliar Fertilizer on Leaf Nutrition and Photosynthetic Efficiency of Plum Tree

YU Qianqian, DONG Chaoju, DENG Lie, HE Shaolan, ZHENG Yongqiang, XIE Rangjin, LYU Qiang, WANG Shuliang, YI Shilai

(Citrus Research Institute, Southwest University/Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing, 400712)

Abstract In order to study the efficiency of the new foliar iron fertilizer on the correction of plant chlorosis induced by iron deficiency, the content of chlorophyll, nutritional status, photosynthetic rate and the light energy utilization efficiency were measured in leaves of the ten-year-old "Waizui" plum. The results showed that under the treatment of the new foliar iron fertilizer, the content of chlorophyll and iron increased significantly and the content of chlorophyll increased gradually with the increase of spraying times. At the same time, original capture excitation energy efficiency (F_m/F_o) and efficiency of light energy conversion (F_v/F_m) in PSⅡ improved significantly and the photosynthetic rate increased significantly. Compared with EDDHA-Fe, the new foliar iron fertilizer had better correction efficiency for iron-related chlorosis. The 400 times of new foliar iron fertilizer treatment achieved the best effect in the first year of application.

Keywords new foliar iron fertilizer; plum leaves; nutrition; photosynthetic efficiency

铁是植物生长必不可少的元素之一,参与植物体内的新陈代谢,包括叶绿素的合成、光合作用以及光能的吸收利用等许多重要的生理过程^[1-3]。自1844年法国化学家Gris报道缺铁引起葡萄黄化以来,解决植物缺铁问题一直是土壤-植物营养学领域的重要课题。虽然土壤中含有大量的铁,但在一些石

灰性土壤中高 HCO_3^- 导致铁很难被植物吸收利用,作物缺铁黄化现象非常普遍。为此,许多学者提出了不同的矫治措施,其中根部土施EDDHA-Fe是目前使用最有效的措施^[4],但因其高额的成本^[5]、繁重的劳动和整合剂中苯环带来的环境污染^[6]等,实际应用和推广受到一定的限制。因此,研制高效、低

收稿日期:2016-03-23

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金重点项目(XDJK2014B030);重庆市基础科学与前沿技术研究(cstc2014jcyjA80028);重庆市北碚区科技计划项目(2015-37);重庆市万州区科技计划项目(201401021)资助。

作者简介:余倩倩,女,硕士研究生。E-mail:1612329086@qq.com

通信作者:易时来(1978—),男,硕士,副研究员,研究方向为柑桔栽培生理与农业信息技术。E-mail:yishilai@cric.cn
DOI:10.13938/j.issn.1007-1431.20160140

毒、环保的铁肥成为研究的热点。植物除了通过根系吸收营养,还可通过叶片吸收,所以有学者认为叶面铁肥可能是未来矫正缺铁黄化更便宜、更有针对性的措施^[7-8]。本试验以歪嘴李为试验材料,通过对植物叶片营养和光合速率的分析来研究新型叶面铁肥^[9]对李树叶片缺铁黄化的矫治效果,为新型叶面铁肥的施用技术与推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2013—2015 年在重庆市渝北区统景镇印盒村李园进行,土壤为含大量碳酸盐母质的矿质黄泥,试材为 10 年生歪嘴李。新型叶面铁肥由重庆岭石农业科技有限公司生产提供,EDDHA-Fe 为荷兰阿克苏诺贝尔化学品公司生产。

1.2 方法

在试验园区内选树体黄化程度基本一致的植株,2013、2014 年冬对部分弱树进行修剪回缩处理。试验共设 5 种处理,每个处理 3 株,3 次重复,随机排列。处理 I、II、III 分别为喷施新型叶面铁肥 400 倍、500 倍、600 倍稀释液;处理 IV 为土施 EDDHA-Fe;处理 V 为对照(喷清水)。对照和新型叶面铁肥喷施时间为 2013 年 5 月 12、21、26 日,6 月 2 日,2014 年 4 月 7、12、22 日,5 月 11 日,2015 年 4 月 12、16、26 日,5 月 30 日,6 月 5 日。EDDHA-Fe 处理于 2013 年 5 月 12 日和 2015 年 4 月 12 日株施 EDDHA-Fe 30 g;2014 年 4 月 7 日株施 EDDHA-Fe 45 g。其他肥水管理和农事管理按常规统一进行。

每年从第一次施肥时开始测定叶绿素含量,各试验处理树每株取 30 片叶,选择树冠外围中部的营养性春梢,由春梢顶端往下取第三叶,采用日本产 SPAD-502 测定叶绿素含量。2014 年 6 月 26 日测定光合速率,2015 年 5 月 30 日测定叶绿素荧光动力学参数。各处理每株采集 3~4 片叶,选择树冠外围中部的营养性春梢,由春梢顶端往下取第

三叶。光合速率用英国(PPSYSTEMS)产 TPS-2 型便携式光合系统仪测定;叶片暗处理 20 min,使用英国(PPSYSTEMS)产 Handy PEA 植物效率分析仪测定叶绿素荧光动力学参数。2014 年 6 月 26 日与 2015 年 5 月 30 日采集叶片,选择树冠外围中部的营养性春梢,由春梢顶端往下取第三叶,每株取 40~50 片混合,洗净、烘干、粉碎、过筛干燥保存。用浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,分别采用半微量凯氏定氮法、铋钼钨比色法测定、火焰光度计法^[10]测定全氮、全磷、全钾含量;微量元素钙、镁、铁、锰、铜、锌用 HNO₃-HClO₄ 消煮,用美国 Agilent 产 ICP-OES 5100(等电子体电感耦合发射光谱仪)测定^[11]。

采用 Office excel 2010 软件和 SPSS 19.0 软件对数据进行统计分析,采用 Duncan(邓肯法)进行差异性比较。

2 结果与分析

2.1 对叶片叶绿素含量的影响

试验结果看出,第一次喷施叶面铁肥后,黄化李叶片叶绿素含量增加;2013 和 2014 年第二次喷施叶面铁肥后,叶绿素含量显著高于未施铁肥处理,随着喷施次数的增加,叶绿素含量继续上升,且 400 倍液喷施后,叶绿素含量达最高,分别为 31、34;2014 年冬对照回缩处理后(其中一株死亡),枝叶量减少,树势增强,2015 年对照与铁肥处理叶绿素无显著性差异(见表 1、表 2)。

表 1 2013 年施铁对李叶片
叶绿素含量的影响

处理	05-12 *	05-21 *	05-26 *	06-02 *	06-26
I	10a	18a	21a	23a	31a
II	12a	18a	21a	21a	28ab
III	12a	20a	21a	22a	24bc
IV	12a	17a	20ab	20a	23c
V	9a	15a	15b	14b	20c

注:处理 I、II、III 分别为喷施新型叶面铁肥 400 倍液、500 倍液和 600 倍液;处理 IV 为土施 EDDHA-Fe;处理 V 为对照(喷清水)。* 为叶面喷施时间,同列不同小写字母间表示差异显著($P \leq 0.05$)。表 2、表 3、图 1 同。

表 2 2014—2015 年施铁对李叶片叶绿素含量的影响

处理	2014 年						2015 年					
	04-07 *	04-12 *	04-22 *	05-01	05-11 *	06-18	04-12 *	04-16 *	04-26 *	05-09	05-30 *	06-05 *
I	11b	17ab	27ab	32b	33ab	34ab	16ab	18a	23b	29a	33a	34a
II	11b	17ab	26b	32b	31b	33b	14b	17a	22b	30a	31a	37a
III	12b	16ab	23b	30b	29b	33b	16ab	17a	22b	29a	30a	34a
IV	18a	20a	31a	37a	37a	38a	21a	22a	30a	34a	34a	37a
V	16ab	15b	15c	20c	17c	24c	22a	20a	23b	30a	30a	33a

2.2 对李叶片养分的影响

试验结果看出,喷施新型叶面铁肥显著提高叶片铁含量,喷施 400 倍液的叶片铁含

量最高,比对照提高了 33.3%,但不同浓度间差异不显著;此外,喷施新型叶面铁肥对叶片氮、磷、钾、铜、锌含量无显著性影响(见表 3)。

表 3 铁肥处理对李叶片养分的影响

处理	N/%	P/%	K/%	Fe/mg · kg ⁻¹	Mn/mg · kg ⁻¹	Cu/mg · kg ⁻¹	Zn/mg · kg ⁻¹
I	2.45a	1.95a	1.43a	251a	16b	6.8a	15a
II	2.47a	2.08a	1.26a	244a	17b	6.8a	16a
III	2.52a	2.10a	1.37a	237a	21a	6.7a	14ab
IV	2.56a	2.08a	1.14a	170b	12c	6.2a	13b
V	2.47a	2.18a	1.12a	188b	20ab	6.7a	16a

2.3 对叶片光合速率和光利用效率的影响

试验结果看出,不同铁肥处理均能显著提高李叶片的光合速率;喷施新型叶面铁肥 400 倍液比施用 EDDHA-Fe 叶片的光合速率显著增加,提高了 27.0%。Fm/Fo 和 Fv/Fm 分别代表 PS II 原初捕获激发能的效率和光能转化效率。相较于对照与 EDDHA-Fe

处理,喷施新型叶面铁肥后,Fm/Fo 和 Fv/Fm 均显著提高;新型叶面铁肥 400、500、600 倍液处理后,Fm/Fo 分别比对照提高 21.4%、19.5%、22.1%,Fv/Fm 分别提高 6.2%、5.8%、6.4%。说明新型叶面铁肥处理后,提高了缺铁黄化矫正后叶片光能利用效率,利于叶片的光合作用(见图 1)。

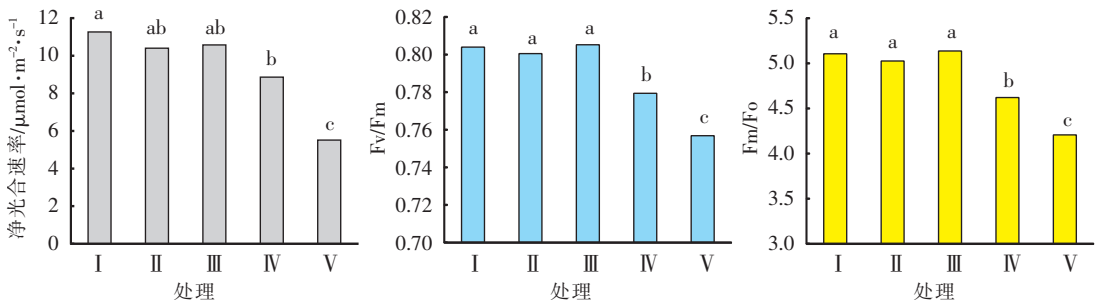


图 1 不同铁肥处理对叶片 Pn、Fm/Fo 和 Fv/Fm 的影响

3 结论与讨论

铁是叶绿素前体合成所必需的营养元素^[12],通过喷施叶面铁肥显著提高叶片叶绿素的含量,缓解李树叶片缺铁黄化,并促进叶片光合作用。由于铁在叶片中不易移动,所

以连续地、多次地喷施,效果更好更稳定。

缺铁不仅影响叶绿素的合成,还会影响光合反应中心^[13],主要是对 PS II 的影响。叶绿素荧光信号包含着大量的光合作用信息,具有反映光合系统“内在性”的特点^[14]。喷施叶面铁肥后,黄化李叶片 PS II 捕获光能

的效率(F_m/F_o)和光能转换效率(F_v/F_m)得到提高。叶片吸收光能后,主要通过光化学耗散和非光化学耗散能量^[15]。叶片缺铁时,叶绿素含量低,造成光化学效率很低。通过叶片补充铁肥,叶绿素含量提高,捕获更多的光能用于光化学过程,此外也可通过降低光能的非化学耗散^[16],提高光能利用效率。

对叶片营养成分分析结果表明,喷施叶面铁肥可以显著提高叶片铁含量。喷施时期正好为李树开花期,此时树体对铁元素吸收较明显^[17],然而碱性土壤中由于铁有效性差,导致通过根系吸收的铁较少,主要利用枝干贮藏的铁,一旦不足就会导致叶片黄化。

对两种铁肥的复绿效果分析表明,虽然两种铁肥均能明显缓解叶片黄化,但新型叶面铁肥提高叶片光合速率和光能利用率的效果要显著优于 EDDHA-Fe,改善叶片微量元素的效果亦好于 EDDHA-Fe。从 2015 年试验结果看出,虽然新型铁肥和 EDDHA-Fe 处理的叶绿素含量没有显著差异,但喷施新型叶面铁肥的叶片光合速率和光能利用率显著高于 EDDHA-Fe 处理,可能 EDDHA 对叶片的光合速率和光能利用率有一定抑制作用,而新型叶面铁肥有利于叶片的光合速率和光能利用率。由于 EDDHA-Fe 是土施,土壤中对铁不利的因素也会影响其对植物的有效性,如石灰性土壤的 HCO_3^- 含量高,会阻碍铁向植物根系的运输^[18],所以土壤的一些不利因素影响 EDDHA-Fe 的复绿效果。曹一平等^[19]对不同铁制剂的施用方法进行比较发现,叶面喷施矫正花生缺铁效果好于土施铁肥。通过叶片喷施,可以减少土壤对铁肥施用效果的影响,提高肥料施用效果。

综上所述,新型叶面铁肥,可以有效增加李叶片叶绿素含量,缓解失绿现象;同时可以提高叶片对光能的利用效率,提高叶片光合速率;改善李树营养。此外,新型铁肥 400 倍液对李树的复绿以及调节叶片营养、促进光合效率效果较好。以后还需进一步探究新型铁肥对其他果树的施用技术。

参 考 文 献

- [1] 曹 慧,韩振海. 高等植物的铁营养[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(2): 180-186
- [2] BRIAT J F, VERT G. Acquisition et gestion du fer par les plantes[J]. Cahiers agricultures, 2004, 13(2): 183-201
- [3] TANAKA A, TANAKA R. Chlorophyll metabolism[J]. Current opinion in plant biology, 2006, 9(3): 248-255
- [4] LUCENA J J. Synthetic iron chelates to correct iron deficiency in plants[M]//Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms. Springer Netherlands, 2006: 103-128
- [5] CERDAN M, ALCANIZ S, JUAREZ M, et al. Kinetic Behavior of Fe (o, o-EDDHA)-Humic Substance Mixtures in Several Soil Components and in Calcareous Soils[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2007, 55(22): 9159-9169
- [6] AMMARI T G, TAHBOUB A B, ABU-ZAHRA T R. Management of iron deficiency stress in citrus through soil application of vivianite to a calcareous soil[J]. International Journal of Botany, 2009, 5(2): 186-189
- [7] FERNANDEZ V. Investigations on foliar iron application to plants; A new approach[M]. Shaker, 2004
- [8] FERNANDEZ V, DELRIO V, PUMARINO L, et al. Foliar fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) with different iron formulations; Effects on re-greening, iron concentration and mineral composition in treated and untreated leaf surfaces[J]. Scientia horticulturae, 2008, 117(3): 241-248
- [9] 王树良. 一种叶面药剂及其应用: 中国, CN103011908A[P]. 2013-03-04
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. (第 3 版) 北京: 中国农业出版社, 2005: 39-282
- [11] 张 莉, 陈 军, 荆瑞俊. 电感耦合等离子体-原子发射光谱法测定莲子芯中的 12 种元素含量[J]. 光谱实验室, 2009 (2): 316-319
- [12] TERRY N. Physiology of trace element toxicity and its relation to iron stresses[J]. Plant Nutr, 1981, 3(1-4): 5661-578
- [13] SPILLER S, TERRY N. Limiting factors in photosynthesis II. Iron stress diminishes photochemical capacity by reducing the number of photosynthetic units[J]. Plant Physiology, 1980, 65(1): 121-125
- [14] LAZAR D. Chlorophyll a fluorescence induction[J]. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics, 1999, 1412(1): 1-28
- [15] 李鹏民, 高辉远, Strasser R J. 快速叶绿素荧光诱导动力学分析在光合作用研究中的应用[J]. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31(6): 559-566
- [16] 李小萌, 戚亚平, 王荣娟, 等. 苹果发酵液对缺铁苹果树叶铁含量及光合特性的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 45(3): 489-495
- [17] 马建军, 张立彬. 野生欧李生长期矿质营养元素含量的变化[J]. 园艺学报, 2004, 31(2): 165-168
- [18] 任丽轩. 石灰性土壤上 HCO_3^- 诱导花生缺铁失绿机制[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 795-801
- [19] 曹一平, 肖 艳, 李燕婷. 不同铁制剂与施用方法对矫正花生缺铁黄化症的效果[J]. 土壤肥料, 2003 (5): 21-25

(责任编辑:王新娟;英文编辑:董朝露)