

【植物营养】

叶面喷施麦根酸铁对矫正果树缺铁黄叶病效果的初探*

叶优良¹ 郑毅¹ 张福锁² 杨守祥² 李絮花²

(1. 中国农业大学植物营养系 北京 100094; 2. 山东农业大学资源与环境学院 泰安 271018)

S436.6

S432.32

摘要 本文在苹果和桃树上,以 CK、FeEDTA、BASF 多元微肥和柠檬酸复合铁(FCU)为对比,探讨了叶面喷施麦根酸铁(FePS)对矫正苹果和桃树缺铁黄叶病的效果。研究表明,桃树和苹果叶绿素含量在叶面喷施时间达 2~3 个月以前 FePS 处理小于 FCU 和 FeEDTA 处理,在施用时间 2~3 个月以后 FePS 处理大于 FCU 和 FeEDTA 处理。叶面喷施桃树叶片全铁含量在施用时间达 2 个月以前以 FeEDTA 最高,在施用时间达 2 个月以后以 FePS 最高;而在苹果上喷施 FePS 叶片全铁含量仅大于 BASF 喷施,小于 FCU 和 FeEDTA 处理。叶面喷施 FePS,桃树和苹果叶片活性铁含量变化与全铁变化相同,桃树上在施用时间达 2 个月以前以 FeEDTA 最大,在施用时间达 2 个月以后以 FePS 最大;在苹果上则喷施 FePS 叶片活性铁仅大于 BASF 处理,低于 FCU 和 FeEDTA 处理。

关键词 苹果 桃树 缺铁黄叶病 FePS 叶面喷施 效果 果树 麦根酸铁 矫正效果

植物缺铁黄化是石灰性土壤上非常普遍的生理病害,尤其在果树上更为普遍,严重影响着果树的产量和品质。多年来,人们一直在寻找能够根治这一病害的有效途径。通过叶面喷施铁肥来矫正果树缺铁是生产中应用最多的措施,但由于目前在生产上所应用的铁肥中,无机铁肥效果短暂,螯合铁价格昂贵,都给施用带来很多不便。Romheld 和 Marschner 等的研究表明^[1],禾本科植物缺铁时能分泌植物高铁载体——麦根酸,该化合物能增加难溶性铁的活化,促进植物对铁的吸收。与人工螯合剂或微生物分泌的铁载体相比,供给植物高铁载体时缺铁植物对铁的吸收速率可提高上千倍,并且受土壤 pH 值影响很小。那么,将麦根酸直接和难溶性铁进行螯合,通过叶面喷施麦根酸铁对矫正苹果和桃树缺铁的效果进行了探讨。

1 材料和方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试地点 桃树叶面喷施在山东省肥城市仪阳乡刘台村缺铁桃园进行。苹果叶面喷施在山东省肥城市石横镇新胜村缺铁苹果园进行。

1.1.2 供试树种 供试桃树品种为肥桃,树龄 13 年;苹果品种为红富士,树龄为 5 年。

1.2 试验设计

在缺铁较为严重的苹果园和桃园分别选取树势一致,缺铁严重的苹果和桃树各 20 株。试验设 5 个处理,每个处理 4 棵树,单株重复,随机排列。

处理 1——叶面喷清水(CK)

处理 2——叶面喷 199.53 $\mu\text{mol/L}$ FePS

处理 3——叶面喷 0.1% FeEDTA

处理 4——叶面喷 0.1% BASF

处理 5——叶面喷 0.1% FeSO₄ + 0.1% 尿素 + 0.1% 柠檬酸(FCU)

1.3 铁肥的配制

1.3.1 麦根酸的收集 选取饱满的小麦种子,吸水膨胀后,将种子均匀埋于饱和 CaSO₄R 溶液浸润的石英砂中,黑塑料布遮盖,在 20~25 $^{\circ}\text{C}$ 下放置发芽。两片叶子完全展开后,用正常营养液培养,4d 后换为 1/2 FeEDTA 浓度营养液,继续培养 6d 后,将苗取出,用水冲洗干净,除去胚乳,移栽至无铁营养液中。

营养液组成: 0.75 mmol/L 的 K₂SO₄; 0.65 mmol/L 的 MgSO₄; 0.1 mmol/L 的 KCl; 2.0 mmol/L 的 CaCl₂; 0.25 mmol/L 的 KH₂PO₄; 0.1 mmol/L 的 FeEDTA; 1 $\times 10^{-3}$ mmol/L 的 MnSO₄; 1 $\times 10^{-4}$ mmol/L 的 CuSO₄; 1 $\times 10^{-3}$ mmol/L 的 ZnSO₄; 5 $\times 10^{-6}$ mmol/L 的 (NH₄)₆Mo₄。

小麦植株在缺铁营养液中培养 1 周后,开始收集麦根酸。每次收集时,将植株从营养液中取出,用蒸馏水将根系冲洗干净,然后放在少量蒸馏水的浅盆中,在光照下生长,4h 后取出植株放回缺铁培养液中,收集根分泌液,并立即加入 10ml 30% 的双氧水以抑制麦根酸分解,放置冰箱中,备用。

1.3.2 肥料配制

①麦根酸铁(FePS):每 5ml 麦根酸根收集液中加入 15ml 0.1mol/L 的 FeCl₂ 溶液,震荡 1h,过滤,滤液即为 FePS。用比色法测定 FePS 浓度^[2]。

②FeEDTA:将 10g FeEDTA 溶于 10L 水中,混匀。

③BASF:将 10g 德国 BASF 公司生产的 Fetrilon-Combi2 多元微肥(含铁 4.0%)溶于 10L 水中。

* 国家重点基础研究专题(G1999011700)经费和国家自然科学基金重点项目(39790100)资助

①FCU:分别将 10g 硫酸亚铁、10g 尿素和 10g 柠檬酸一起溶于 10L 水中,混匀。所有铁肥均在用时现配。苹果分别在 1998 年 6 月 17 日,6 月 27 日,7 月 4 日,7 月 13 日分 4 次喷施。桃树分别在 1998 年 6 月 21 日,7 月 1 日,7 月 11 日,7 月 22 日和 7 月 31 日分 5 次喷施。

1.4 分析测定

叶绿素测定采用日本 Minolta 公司生产的 SPAD-502 手持叶绿素仪活体测定^[7]。在叶面喷施铁肥前、后测定新稍中部第 7~8 片叶,苹果每棵树测定 30 片叶,桃树每个枝测定 30 片叶,间隔时间为 1 个月。

在每次测定叶绿素的同时,采集叶片,洗净、70℃ 烘箱下烘干,玻璃研钵磨细,备用。

全铁用烘干叶片干灰化法测定^[1],230℃ 碳化,580℃ 灰化,2ml 1:1HCl 溶解,用蒸馏水定容至 20ml,PK-2100 原子吸收测定。

活性铁测定用 0.1mol/L 的 HCl 与烘干叶片按 50:1 的比例浸提,静置 24h,过滤,PK-2100 原子吸收测定^[5-8]。

1.5 统计分析

试验数据用国际统一单位,F 检验判断差异显著性,处理间用邓肯法进行多重比较,显著水平为 5%。

2 结果与分析

2.1 叶面喷施 FePS 对果树叶片叶绿素含量的影响

表 1 桃树叶面喷铁叶绿素含量变化 (SPAD)

Table 1 Chlorophyll content in peach leaves before and after application (SPAD)

处理 Treatment	喷前 (Before application)		喷后 (After application)	
	(X±S)	(X±S)	(X±S)	(X±S)
CK	40.93±4.78	40.5±9.99 ^{no}	39.66±5.89 ^a	38.21±5.82 ^{no}
FePS	41.83±5.19	42.6±5.46	42.75±2.97 ^b	41.39±2.83
FeEDTA	27.50±6.99	41.65±7.11	40.10±6.85 ^b	41.08±15.23
BASF	38.00±5.41	42.05±2.68	44.93±4.27 ^b	45±1.29
FCU	40.53±5.65	47.20±2.14	48.68±1.69 ^c	47.45±1.17

注:X 为 4 个重复的平均值,S 为标准差,相同字母或^{no}代表处理间无显著性差异,下同

从表 1 可见,在 6 月 21 日喷施铁肥前,桃树各处理叶片叶绿素含量基本一致。1 个月后测定时,FCU 叶面喷施的桃树叶片叶绿素含量最高,比 CK 增加了 16.54%,而 FePS、FeEDTA、BASF 喷施的叶绿素含量则与 CK 相近。同时,虽然 FeEDTA 喷施叶绿素含量与 CK、FePS 和 BASF 处理差别很小,但比 6 月 21 日喷施前增加了 51.45%。2 个月后,FePS、FeEDTA、BASF 和 FCU 喷施的叶绿素含量

分别比 CK 增加了 42.69%、30.79%、46.54% 和 58.77%。虽然 FePS 喷施的叶绿素含量仍明显低于 FCU 处理,但和 BASF 处理相近,高于 FeEDTA 处理。到 10 月 10 日测定时,FePS 喷施的叶绿素含量最高,比 CK 叶绿素含量提高了 26.41%,而 FeEDTA、BASF 和 FCU 喷施的叶绿素含量仅分别比 CK 增加了 10.0%、24.18% 和 21.56%。说明喷施的 4 种铁肥中,对叶绿素的影响在施用时间达 3 个月以前以 FCU、FeEDTA 效果较好,而在施用时间达 3 个月以后则以 FePS 最佳。

表 2 苹果叶面喷铁叶绿素变化 (SPAD)

Table 2 Chlorophyll content in apple leaves before and after application (SPAD)

处理 Treatment	喷前 (Before application)		喷后 (After application)	
	(X±S)	(X±S)	(X±S)	(X±S)
CK	39.88±7.27	34.95±5.47 ^{no}	34.65±2.87 ^a	
FePS	36.55±8.11	48.1±5.37	53.78±2.7 ^b	
FeEDTA	39.58±4.40	51.4±4.78	53.50±1.67 ^b	
BASF	49.53±9.10	52.5±2.96	51.98±3.57 ^b	
FCU	34.85±9.88	50.48±13.10	51.93±7.41 ^b	

与桃树一样,叶面喷施 FePS 后,苹果树叶片叶绿素含量也明显增加。由表 2 可见,在喷施 1 个月,FePS 喷施的叶片叶绿素含量比 CK 增加了 37.65%,而 FeEDTA、BASF 和 FCU 喷施的苹果树叶片叶绿素含量却分别比 CK 增加了 47.06%、50.21% 和 44.43%,都比 FePS 喷施的效果好。而喷施 2 个月,FePS 喷施叶绿素含量已超过 FeEDTA、BASF、FCU,而 FeEDTA、BASF、FCU 喷施的叶片叶绿素含量仍和 1 个月前差不多。与 CK 相比,FePS 喷施的叶绿素含量增加了 55.21%,而 FeEDTA、BASF、FCU 喷施的叶绿素含量仅分别增加了 54.4%、50.01% 和 49.87%。4 个处理中以 FePS 喷施的叶片叶绿素含量增幅最大。说明对苹果树叶片叶绿素的影响在施用时间达 2 个月以前以 BASF、FeEDTA、FCU 较好,而施用时间达 2 个月以后 FePS 的效果则好于 FeEDTA、BASF 和 FCU。

2.2 叶面喷施 FePS 以后果树叶片全铁含量变化

从表 3 可见,桃树叶面喷施不同铁肥后,叶片全铁含量均比 CK 明显增加。喷施 1 个月,FePS、FeEDTA、BASF、FCU 喷施的叶片全铁含量分别比 CK 增加 130.22%、165.31%、3.05% 和 116.08%,4 种铁肥中,以 FeEDTA 喷施效果最好,其次是 FePS 和 FCU,BASF 喷施效果最差。而 2 个月,则以 FePS 喷施的叶片全铁含量最高,其比 CK 高出

236.17mg/kg,比CK增加了332.73%,而FeEDTA、BASF、FCU喷施的全铁仅分别比CK增加了177.15%、31.87%和246.35%。FePS喷施的叶片全铁含量比FeEDTA喷施的还高出110.3mg/kg,到3个多月后,FePS、FeEDTA、FCU喷施的桃树叶片全铁分别比CK增加194.6%、91.69%和125.55%,BASF则比CK减少8.62%。4种铁肥中仍以FePS喷施全铁含量最高。

表3 桃树叶面喷铁全铁含量变化(mg/kg)

Table 3 Amount of total iron in peach leaves before and after application (mg/kg)

处理 Treatment	喷前 (Before application)		喷后 (After application)	
	(X±S)	(X±S)	(X±S)	(X±S)
CK	76.45±8.22	78.1±21.53a	70.98±3.17	97.31±17.38a
FePS	78.28±4.46	179.8±20.11bc	337.15±28.7	450.7±26.75c
FeEDTA	61.71±18.56	207.21±21.56c	196.72±35.70	182.79±42.29b
BASF	75.15±12.64	80.48±14.78a	93.80±7.7	87.09±13.14a
FCU	74.78±14.42	168.76±18.99b	247.84±52.37c	218.97±17.38b

与桃树全铁变化一致,苹果叶面喷施FePS以后叶片全铁含量也明显增加(见表4)。喷施1个月后,

表4 苹果叶面喷铁叶片全铁含量变化(mg/kg)

Table 4 Amount of total iron in apple leaves before and after application (mg/kg)

处理 Treatment	喷前 (Before application)		喷后 (After application)	
	(X±S)	(X±S)	(X±S)	(X±S)
CK	115.23±21.13	107.17±25.21a	116.47±15.88a	
FePS	113.16±29.63	243.14±20.10b	113.83±27.16c	
FeEDTA	110.07±16.08	344.94±42.78b	114.85±38.56d	
BASF	123.11±24.58	205.81±20.53b	109.77±15.54b	
FCU	114.69±23.67	408.20±23.72b	113.35±21.41b	

FePS、FeEDTA、BASF、FCU喷施叶片全铁分别比CK增加了126.87%、221.86%、92.04%和280.89%,叶片全铁含量以FCU喷施增加最多,FeEDTA次之。而喷施2个月后,FePS喷施叶片全铁含量比CK仅增加了109.57%,而FeEDTA和FCU喷施的叶片全铁含量分别比CK增加了170.18%和195.1%,1种铁肥中,FePS的效果仅好于BASF,仍不如FCU和FeEDTA。从表4可以看出,虽然FePS喷施全铁增加不是最多,但FePS喷施2个月和喷施1个月叶片全铁含量基本一致,而FeEDTA、BASF、FCU喷施叶片全铁含量则有下降趋势,说明苹果叶片对FePS的吸收好于FeEDTA、BASF和FCU。同时,因为苹果采样时间短,可能FePS的效果还没有完全表现出来,因而喷施后叶片全铁含量没

有FeEDTA、BASF、FCU高。

2.3 叶面喷施FePS对果树叶片活性铁含量的影响

一些研究表明,叶片全铁含量难以反映植物体内铁的供应状况,而活性铁才是较好的缺铁诊断指标^[2,3,4]。由表5可见,桃树叶面喷施FePS后叶片活性铁含量也显著增加。叶面喷施一个月后,FePS处理叶片活性铁含量比CK增加229.78%,FeEDTA、BASF、FCU喷施叶片活性铁分别增加343.7%、34.12%和170.61%。FePS喷施叶片活性铁含量低于FeEDTA处理,但明显高于BASF和FCU处理。喷施2个月后,FePS处理叶片活性铁含量比CK增加185.35%,而FeEDTA、BASF、FCU喷施的仅分别比CK增加152.75%、4.48%和188.6%;FePS处理叶片活性铁含量和FCU处理相近,但高于FeEDTA和BASF处理。喷施3个多月后,FePS喷施叶片活性铁含量居首位,比CK增加134.1%,而FeEDTA、FCU喷施的叶片活性铁含量仅分别比CK增加102.27%和130.98%,BASF处理则比CK减少14.41%。

表5 桃树叶面喷铁活性铁含量变化(mg/kg)

Table 5 The concentration of active iron in peach leaves before and after application (mg/kg)

处理 Treatment	喷前 (Before application)		喷后 (After application)	
	(X±S)	(X±S)	(X±S)	(X±S)
CK	17.00±4.72	40.8±3.83a	62.3±5.66a	65.10±15.86a
FePS	43.91±4.78	134.55±17.9b	177.77±23.32b	154.74±5.25b
FeEDTA	75.75±2.69	181.03±14.17c	157.45±30.16b	133.79±31.30b
BASF	34.18±4.76	54.72±14.68a	67.09±5.64a	56.58±19.90a
FCU	44.58±3.79	110.4±33.21b	179.80±35.28b	152.85±23.37b

表6 苹果叶面喷铁叶片活性铁含量变化(mg/kg)

Table 6 The concentration of active iron in apple leaves before and after application (mg/kg)

处理 Treatment	喷前 (Before application)		喷后 (After application)	
	(X±S)	(X±S)	(X±S)	(X±S)
CK	75.7±14.56	76.46±8.92a	60.63±11.50a	
FePS	72.55±16.99	135.93±26.38b	147.63±21.64b	
FeEDTA	69.99±6.44	236.04±33.32c	202.34±42.87c	
BASF	79.21±8.75	96.06±10.67ab	77.57±13.05a	
FCU	68.48±12.57	231.76±19.42c	223.40±17.74c	

苹果叶面喷施FePS后叶片活性铁含量也发生明显变化,但与桃树的变化略有不同。由表6可见,在喷施1个月后,FePS、FeEDTA、BASF、FCU处理的叶片活性铁分别比CK增加77.78%、208.71%、25.63%和203.11%,FePS喷施的叶片活性铁含量

略高于 BASF 处理,但低于 FeEDTA、FCU 处理。2 个月 后,FePS、FeEDTA、BASF、FCU 喷施的叶片活性铁 含量分别比 CK 增加了 143.49%、233.73%、27.94% 和 268.46%,仍以 FeEDTA 和 FCU 喷施叶片活性铁 含量最高。但与全铁含量变化一致的是,FePS 活性铁在 喷施 1 个月后仍然在增加,而 FeEDTA、BASF、FCU 喷施的叶片活性铁含量却下降。说明 FePS 喷施后,苹 果树体对 FePS 的吸收虽然比 FeEDTA、FCU 缓慢,但 树体吸收 FePS 的时间明显长于 FeEDTA 和 FCU。

3 讨 论

本次试验在苹果和桃树上结果不完全一致,一方 面是因为树种和树龄差异较大,另一方面两块果园在 管理水平上也存在很大差别,同时苹果树试验时间比 桃树试验时间短。但尽管如此,本试验已初步证实了叶 面喷施 FePS 在矫正桃树和苹果缺铁黄叶病上的效 果。虽然本次试验所用 FeEDTA、FCU 和 BASF 浓度 仅为 0.1%,低于正常使用浓度几倍,但 FePS 浓度只 有 199.53 $\mu\text{mol/L}$ (相当于 0.06%),与 FeEDTA、 FCU、BASF 的浓度相差十多倍。正是因为 FePS 浓度 比 FeEDTA、FCU、BASF 低得多,因此在开始喷施阶 段,FePS 喷施叶片叶绿素、全铁、活性铁的变化没有 FeEDTA、FCU、BASF 处理明显,但当 FePS 达到一 定浓度后叶片叶绿素、全铁、活性铁的变化就超过 FeEDTA、FCU、BASF 喷施。在桃树上的试验充分肯 定了这一结果。苹果上的试验结果尽管与桃树上不完 全一致,但在喷施 2 个多月后,FePS 喷施叶绿素含量 明显高于 FeEDTA、FCU、BASF 处理,FePS 喷施后

叶片全铁和活性铁仍在继续增加,而 FeEDTA、FCU、 BASF 喷施后叶片全铁、活性铁已开始下降这一趋势 也与桃树上的变化完全一致,只是因为苹果树上的 试验时间较短,可能才没有观察到与桃树完全一致的 结果。在浓度相差这么大的情况下,FePS 在矫正果树 缺铁黄叶病的效果能够接近或超过 FeEDTA、FCU、 BASF,这也就初步肯定了植物高铁载体促进难溶性铁 活化和增加植物对铁吸收的能力。也为今后植物高铁 载体在生产中的应用提供了广阔的前景。

参 考 文 献

- 1 张福锁. 土壤与植物营养研究新动态(第 1 卷). 北京,北京农业大 学出版社,1992,83~93
- 2 杨玉爱,吕滨. 柑桔的铁营养诊断方法的探讨. 土壤通报,1988, 19(2):74~77
- 3 何念祖译. 植物的铁营养. 土壤学进展,1986,1:19~23
- 4 黄宏义. 果树缺铁失绿症的叶片诊断研究. 中国果树,1986,1:5 ~8
- 5 董慕新. 果树中不同形态铁含量与失绿黄化病关系研究. 果树科 学,1987,4(4):15~20
- 6 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 北京,农业出版社,1994,222 ~230
- 7 Peryea, F. J. and R. Kammerreck. Use of Minolta SPAD-502 chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on chlorotic pear trees. Journal of plant nu- trition. 1997,20(11),1457~1463
- 8 Koseoglu, A. T. and V. Acikgoz. Determination of iron chlorosis with extractable iron analysis in peach leaves. Journal of plant nu- trition. 1995, 18(4),153~161
- 9 Frakagr, S. Naturally occurring iron-chelating in oat and rice root washing. Soil Sci. Plant Nut. 976, 22:423~433

Study the Effect of Foliar Application of FePS on Correcting Iron Deficient Chlorosis on Fruit Trees

Ye Youliang^{1,2} Zheng Yi¹ Zhang Fuosuo¹ Yang Shouxiang² Li Xuhua²

(¹China Agricultural University Beijing 100084; ²Shandong Agricultural University Taian 271018)

Abstract This research is conducted to study the effect of foliar application of FePS on correcting of iron deficient chlorosis of apple and peach trees in comparison with CK, FeEDTA, FCU and BASF. The results showed that the chlorophyll content in peach and apple trees sprayed with FePS was lower than that of FeEDTA, FCU and BASF treatment when applied less than two or three months, yet FePS application was the highest two or three months later. The concentration of total iron sprayed with FeEDTA was the highest in peach tree when applied less than two months, yet two months later FePS was the highest; however FePS treatment was only higher than BASF application, lower than FCU and FeEDTA application in apple trees. The concentration of active iron of peach and apple trees were the same as total iron, which FeEDTA was the largest when applied less than two months and FePS was the largest two months later in peach tree, and FePS was higher than BASF and lower than FCU and FeEDTA in apple trees.

Key words Apple trees Peach Iron deficient chlorosis FePS Foliar application Effect