

陕西省红富士苹果叶片营养诊断研究

许 敏, 吴发启, 张 扬, 张 进

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 测定陕西省渭北不同地区优质示范园红富士果树叶片的养分含量, 并运用 DRIS、M-DRIS 和 DOP 三种不同方法对果树的营养状况进行诊断。结果表明, 陕西省各地区的叶片养分含量差异显著。延安市、铜川市和宝鸡市苹果叶片内最缺的养分是 Cu, 渭南市苹果叶片内最缺的是 Ca, 咸阳市苹果叶片内最缺的是 Mn。五个地区相比, 铜川地区苹果叶片内养分最不平衡。最后, 给出了陕西省渭北各市示范园红富士果树各种养分需求顺序。

关键词: 红富士苹果; 叶片营养诊断; DRIS; M-DRIS; DOP

中图分类号: S661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0161-05

近年来叶片营养分析与诊断已广泛应用于国内外果树营养与土壤肥力研究, 根据叶片营养诊断, 可以确定施肥时补充养分的先后顺序, 诊断出潜在的养分缺乏以及叶片矿质养分总的平衡状况, 已成为果树现代化生产的重要手段之一^[1~3]。陕西省苹果栽植面积已发展到 60.3 万 hm^2 , 主要集中在渭北一带。渭北海拔高, 昼夜温差大, 光热资源丰富, 是世界上最佳的苹果适生区, 也是全国主要苹果产区中唯一符合最适宜区 7 项气候指标的优生区^[4~8]。目前, 国内外有关叶片营养研究很多, 制定了不少地方性营养诊断标准, 但迄今尚缺乏对陕西省优质果园红富士叶片营养特点的系统研究。为此, 本试验通过叶片分析, 对各代表性果园的叶片养分含量进行了分析测定, 以及进行了叶片营养元素间的相关分析, 并利用 DRIS、M-DRIS 和 DOP 法对叶面营养进行诊断, 从而探讨丰产树的营养指标, 并了解陕西省红富士示范园的叶面营养平衡状况和需肥状况, 旨在为红富士叶片营养诊断与科学施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

根据陕西苹果的分布和立地条件特点, 选取延安、铜川、渭南、宝鸡、咸阳五市的代表性果园共 164 个。供试品种为红富士, 树龄 12~15 年。

1.2 方法

1.2.1 采样时间 2007 年 7 月中旬到 8 月中旬采集叶样。

1.2.2 采样方法 采样按照李港丽(1988)^[9]标准进

行。7 月至 8 月中, 取树冠外围中部各方向当年生枝条中部生理成熟的健康叶, 每株树取 5 片, 每个果园随机采 25 棵树, 组成混合样。叶片样品经洗涤、杀菌、烘干、粉碎、过筛后, 贮于密封袋中待测。

1.2.3 测定项目 氮采用奈氏比色法, 磷采用钒钼黄比色法, 钾采用火焰光度计法, 微量元素 Fe、Cu、Ca、Mg、Mn、Zn 的测定, 均用原子吸收法。

1.2.4 数据处理与分析 (1) 统计分析叶片元素含量范围、平均值、标准差, 变异系数及叶片元素质量分数的分布频率, 进而确定陕西省果园叶片各元素的营养现状。采用相关分析, 对叶片各元素之间的关系进行粗略分析。(2) 需肥次序的诊断用 DRIS 指数法、M-DRIS 指数法和 DOP 指数法。DRIS 指数、M-DRIS 指数和 DOP 指数的计算均按标准方法进行^[10~12]。

所有统计分析均采用 SPSS 软件和 Excel 软件处理。

2 结果与分析

2.1 苹果叶片矿质元素养分分析

红富士叶片营养元素含量丰缺指标全国尚无统一指标, 参考陕西苹果叶营养元素含量标准值^[13], 对 164 个植株样分析统计结果列于表 1。红富士叶片主要大量元素的含量范围分别为: 氮 2.220%~3.190%, 磷 0.132%~0.340%, 钾 0.344%~1.769%(表 1)。叶片含 N 量平均值为 2.699%, 在适宜范围内的样本占样本总数的 11.0%, 高量样本占样本总数的 87.2%。叶片含 P 量在适宜范围内的样本仅占 1.8%, 而高量样本占样本总数的比例

收稿日期: 2009-03-25
基金项目: 中国科学院知识创新项目 (kzcx2-XB2-05-01)
作者简介: 许 敏 (1983-), 女, 山东淄博人, 在读硕士研究生, 主要从事土地资源利用与管理研究。E-mail: xumin029@163.com。
通讯作者: 吴发启 (1957-), 男, 陕西黄陵人, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与流域管理研究。E-mail: wufaqi@263.net。

高达 97.6%。叶片含 K 量在适宜范围内的样本数量占样本总数的 34.1%，高量样品占 45.7%。调查

研究表明叶片中 N 和 P 的含量较高,K 含量处于较适宜的水平。

表 1 红富士叶片矿质营养元素的质量分数

Table 1 The mass fractions of mineral nutrient elements in Fuji apple leaves

元素 Element	质量分数范围 Range of mass fractions	平均值 Average value	叶片元素质量分数的分布频(%) Mass fractions of elements			适宜范围 Normal range
			低量样品 Lower sample	适量样品 Normal sample	高量样品 Higher sample	
N(%)	2.220~3.190	2.699	1.8	11.0	87.2	2.31~2.50
P(%)	0.132~0.340	0.238	0.6	1.8	97.6	0.135~0.166
K(%)	0.344~1.769	0.979	20.1	34.1	45.7	0.73~0.98
Ca(%)	0.597~4.044	1.395	81.1	14.0	4.9	1.73~2.24
Mg(%)	0.129~0.815	0.366	55.5	23.2	21.3	0.37~0.43
Cu(mg/kg)	1.552~39.546	6.880	93.9	6.1	0	20~50
Fe(mg/kg)	96.502~441.830	211.255	3.7	11.0	85.3	120~150
Mn(mg/kg)	48.949~160.963	87.236	4.3	44.5	51.2	52~82
Zn(mg/kg)	12.013~68.471	27.952	42.7	48.8	8.5	24~45

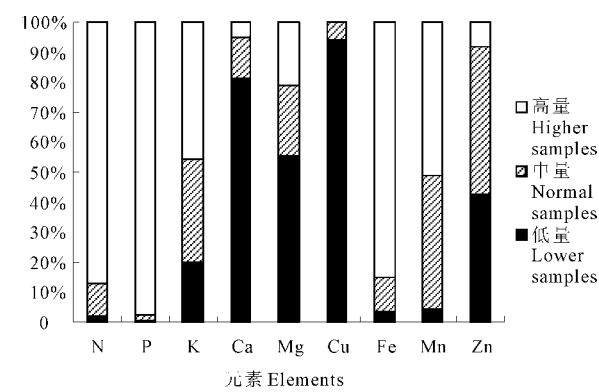


图 1 红富士叶片矿质营养元素的质量分数

Fig.1 The mass fractions of mineral nutrient elements in Fuji apple leaves

在红富士叶片微量元素含量中,Fe 的含量最高,平均值为 211.255 mg/kg,其次是 Mn,平均值为 87.236 mg/kg,其含量顺序为 Fe>Mn>Zn>Cu>Ca

>Mg。由图 1 可以看出,Ca、Mg 和 Cu 的含量严重偏低,而 Fe 的含量却偏高,高量样本占样本总数达 85.3%。Mn 含量在适宜范围内的占 44.5%,Zn 含量在适宜范围内的占 48.8%。但是 Mn 高量样品占 51.2%,而 Zn 的高量样品仅占 8.5%。表明大部分红富士叶片中 Ca、Mg、Cu 和 Zn 的含量偏低,Fe 的含量偏高,Mn 元素的含量也略高。

2.2 苹果叶片矿质元素含量的变异

苹果叶片中 9 种元素的含量以 Cu 的变幅最大,变异系数达 97.04%;Zn、Ca、Mg、K 变异系数相当,分别为 38.99%,35.56%,32.51%和 30.85%;其次是 Fe、Mn、P 的变异系数分别为 29.56%,27.84%和 15.13%;N 的变异系数最小,仅为 6.67%。除 N 以外,各种矿质元素的变异系数均在 15%以上,反映各果园间的叶片的营养元素含量很不一致。

表 2 红富士苹果叶片矿质营养元素含量的变异情况

Table 2 Variations of Fuji apple leaf nutritional elements

元素 Element	最小值 V _{min}	最大值 V _{max}	标准差(S) Standard difference	平均值($\bar{X}$) Average value	变异系数(CV) Coefficient of variation
N(%)	2.220	3.190	0.180	2.699	6.67
P(%)	0.132	0.340	0.036	0.238	15.13
K(%)	0.344	1.769	0.302	0.979	30.85
Ca(%)	0.597	4.044	0.119	1.395	35.56
Mg(%)	0.129	0.815	1.151	0.366	32.51
Cu(mg/kg)	1.552	39.546	6.676	6.880	97.04
Fe(mg/kg)	96.502	441.830	62.446	211.255	29.56
Mn(mg/kg)	48.949	160.963	24.283	87.236	27.84
Zn(mg/kg)	12.013	68.471	10.899	27.952	38.99

2.3 苹果叶片矿质元素相关性分析

果树体内的营养元素,除与土壤养分含量有直接关系外,也与果树体内元素间的相互作用密切相关^[14~16]。各元素之间既有拮抗关系,也有协同关系。众多的试验证实,营养元素间的拮抗作用相当普遍,在施肥中应予以充分考虑。对红富士果树体内养分相关性进行研究,有助于了解元素间可能产

生的关系,在红富士养分管理中可根据这些关系采用适宜的措施来协调养分的平衡,有时还可以通过减少种养分的过量施用达到纠正另一种养分缺乏的目的。本研究通过对红富士叶片养分含量的相关性进行统计,探讨叶片中营养元素间的相互关系(表 3)。

表 3 红富士苹果叶片各种营养元素之间含量的相关性系数值
Table 3 Correlation analysis results among major nutrition elements in citrus leaves

元素 Element	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
N	1.000								
P	0.105	1.000							
K	0.035	0.276 **	1.000						
Ca	-0.116	0.435 **	0.244 **	1.000					
Mg	0.068	0.011	0.029	0.573 *	1.000				
Cu	0.088	-0.016	-0.027	0.016	-0.042	1.000			
Fe	0.064	0.026	-0.233 **	-0.081	0.011	0.006	1.000		
Mn	-0.096	0.037	-0.055	0.027	-0.106	-0.037	0.025	1.000	
Zn	0.065	0.093	0.085	0.150	-0.028	0.155 *	-0.028	0.351 **	1.000

注: $n=164$, ** 达 0.01 显著水平, * 达 0.05 显著水平。
Note: ** Correlation is significant at the 0.01 level, * Correlation is significant at the 0.05 level.

相关分析结果表明,红富士叶片养分含量呈极显著正相关的元素有:P-K、P-Ca、K-Ca、Mn-Zn;呈显著正相关的元素有:Ca-Mg、Cu-Zn;呈正相关的元素有:N-P、N-K、N-Mg、N-Fe、N-Zn、P-Mg、P-Fe、P-Mn、P-Zn、K-Mg、K-Zn、Ca-Cu、Ca-Mg、Ca-Zn、Mg-Fe、Cu-Fe、Mn-Fe。

红富士叶片养分含量呈极显著负相关的元素有:K-Fe;无呈显著负相关的元素;呈负相关的元素有:N-Ca、N-Mn、P-Cu、K-Cu、K-Mn、Ca-Fe、Mg-Cu、Mg-Zn、Mg-Mn、Cu-Mn、Fe-Zn。

2.4 叶片矿质营养含量与需肥顺序

DRIS、M-DRIS 和 DOP 三种诊断方法的准确性与选择的参比值关系密切。目前国内外没有统一的红富士叶片营养元素的适宜值。我们以高产组各诊断参数的平均值和变异系数作为诊断的参比值,其中各元素的参比值为:氮 2.706%、磷 0.239%、钾 0.992%、铜 7.035 mg/kg、铁 216.376 mg/kg、锰 89.434 mg/kg、锌 28.303 mg/kg、钙 1.432%、镁 0.370%。

对每个诊断参数进行优质丰产组(参比值组)与全省低产组间差异显著性分析,每对参数(如 N/P 诊断指数的计算通式为:

$$X \text{ 指数} = \frac{WD(X/A) + WD(X/B) + \dots - WD(E/X) - WD(F/X) - \dots}{n - 1}$$

和 P/N)只选择差异最显著的一个作为重要参数,所选的重要参数为:N/P、K/N、N/Cu、N/Fe、N/Mn、N/Zn、N/Ca、Mg/N、N/DM、K/P、P/Cu、Fe/P、Mn/P、Zn/P、Ca/P、Mg/P、DM/P、K/Cu、K/Fe、K/Mn、K/Zn、K/Ca、K/Mg、K/DM、Fe/Cu、Mn/Cu、Zu/Cu、Ca/Cu、Mg/Cu、DM/Cu、Fe/Mn、Zn/Fe、Ca/Fe、Mg/Fe、DM/Fe、Mn/Zn、Mn/Ca、Mg/Mn、DM/Mn、Zn/Ca、Mg/Zn、DM/Zn、Mg/Ca、DM/Ca、Mg/DM。将这些重要参数带入下面的公式就可以得到陕西省红富士果园的需肥顺序。

DRIS 和 M-DRIS 的诊断公式:

$$WD(X/A) = 100 \times \left[\frac{X/A}{x/a} - 1 \right] \times \frac{10}{C \times V}$$

$(X/A > x/a)^{[14]}$

或
$$WD(X/A) = 100 \times \left[1 - \frac{x/a}{X/A} \right] \times \frac{10}{C \times V}$$

$(X/A < x/a)^{[14]}$

式中, X/A 为待诊样品中两元素之比; x/a 是该二元素的参比值; $C \times V$ 是参数 x/a 的变异系数。当 $X/A > x/a$ 时, WD 为正值,当 $X/A < x/a$ 时, WD 为负值。

表 4 DRIS、M-DRIS 和 DOP 诊断指数及需肥顺序

Table 4 DRIS indices, M-DRIS indices and DOP index and order of nutrient requirements

地区 Region	诊断方法 Name of diagnosis	元素 Element										NII 或 ΣDOP	需肥顺序 Order of nutrient requirement
		N	P	K	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca	Mg	DM		
延安 Yan'an	DRIS	-1	5	-2	-7	2	3	0	4	-4		28	Cu>Mg>K>N>Zn>Fe>Mn>Ca>P
	M-DRIS	-2	5	-2	-7	1	3	0	4	-4	2	30	Cu>Mg>K=N>Zn>Fe>DM>Mn>Ca>P
	DOP	-4	8	-6	9	-3	9	6	9	-9		63	Mg>K>N>Fe>Zn>P>Mn=Ca=Cu
咸阳 Xianyang	DRIS	2	3	5	2	-5	-6	-2	0	1		26	Mn>Fe>Zn>Ca>Mg>N=Cu>P>K
	M-DRIS	2	3	4	2	-5	-6	-2	0	1	1	26	Mn>Fe>Zn>Ca>Mg=DM>N=Cu>P>K
	DOP	0	3	17	28	-14	-15	-4	7	5		93	Mn>Fe>Zn>N>P>Mg>Ca>K>Cu
铜川 Tongchuan	DRIS	7	4	2	-21	6	13	1	-3	-9		68	Cu>Mg>Ca>Zn>K>P>Fe>N>Mn
	M-DRIS	6	3	1	-22	5	12	1	-4	-9	7	70	Cu>Mg>Ca>Zn=K>P>Fe>N>DM>Mn
	DOP	-4	-9	-7	-56	-2	15	-8	-23	-30		154	Cu>Mg>Ca>P>Zn>K>N>Fe>Mn
宝鸡 Baoji	DRIS	6	-7	-1	-18	-1	1	-1	7	14		56	Cu>P>K=Fe=Zn>Mn>N>Ca>Mg
	M-DRIS	7	-8	-2	-18	-2	0	-1	7	13	4	62	Cu>P>K=Fe>Zn>Mn>DM>N=Ca>Mg
	DOP	2	-20	-12	-49	-11	-5	-8	12	32		151	Cu>P>K>Fe>Zn>Mn>N>Ca>Mg
渭南 Weinan	DRIS	6	2	-1	-2	7	-1	0	-9	-2		30	Ca>Mg=Cu>K=Mn>Zn>P>N>Fe
	M-DRIS	6	1	-1	-2	7	-1	0	-9	-3	2	32	Ca>Mg>Cu>K=Mn>Zn>P>DM>N>Fe
	DOP	4	-4	-7	-11	12	-7	-3	-25	-5		78	Ca>Cu>K=Mn>Mg>P>Zn>N>Fe

式中, X 表示某一矿质元素; $A、B、C……E、F$ 等表示与 X 组成比例的其它元素; $M-DRIS$ 法还包括 DM , 当 X 为分子时, WD 取正号, 当 X 为分母时, WD 取负号, n 为诊断元素个数。

DOP 的诊断采用与 $DRIS$ 法和 $M-DRIS$ 法相同的参比值, 其计算公式为:

$$DOP = [(C \times 100) / C_{ref}] - 100$$

式中, C 为被诊断样品某元素的浓度; C_{ref} 为该元素的适宜含量。

各元素 $DRIS$, $M-DRIS$ 和 DOP 指数的含义是一致的。当指数为负值时表明植株需要该元素, 负值的绝对值越大, 植株对该元素的需求强度越大; 当指数为正值时表明该元素可满足植株的需要或过量; 指数为零时表明该元素基本平衡。

延安地区苹果营养诊断结果表明, 最缺乏的元素是铜, 最不缺乏的元素是磷、钙、锰和铁。咸阳地区最缺乏的元素是锰和铁, 最不缺乏的元素是钾、磷、铜和氮。铜川地区最缺乏的是铜, 最不缺乏的是锰、氮、铁和磷。宝鸡地区最不缺乏的是镁、钙、氮和锰, 最缺乏的是铜。渭南地区最缺乏的是钙, 最不缺乏是铁、氮、磷和锌。

$DRIS$ 或 $M-DRIS$ 指数绝对值的和称为营养不平衡指数(用 NII 表示)^[11, 12], DOP 指数绝对值的和用 ΣDOP 表示^[13], 两者的含义一致。 NII 或 ΣDOP 越大表明植株体内元素越不平衡, 越小越平衡, 等于零时为平衡态。许多研究表明, NII 和果树的产量成

显著的负相关^[17, 18]。铜川和宝鸡地区的 NII 或 ΣDOP 均最大, 表明这两个地区仍有很大的增产潜力。

3 结论与讨论

1) 试验结果表明, 陕西地区红富士苹果叶片 $N、P、K、Fe$ 的含量在适宜范围内的果园达 80% 以上, 而各果园苹果叶片 $Cu、Zn、Ca$ 的含量偏低。

2) 研究结果表明 Cu 的变异系数最高。本研究认为主要是因为果农施肥过程中不会追施 Cu 肥, Cu 主要从喷洒的波尔多液中获取。由于有的果园没有喷洒波尔多液, 而有的果园喷洒了波尔多液, 且喷洒距离采样时间的间隔不同, 使得 Cu 元素的含量各果园及其不均衡。

3) 陕西省红富士的需肥顺序为: 延安 $Cu>Mg>K>N>Zn>Fe>Mn>Ca>P$, 咸阳 $Mn>Fe>Zn>Ca>Mg>N=Cu>P>K$, 铜川 $Cu>Mg>Ca>Zn>K>P>Fe>N>Mn$, 宝鸡 $Cu>P>K=Fe=Zn>Mn>N>Ca>Mg$, 渭南 $Ca>Mg=Cu>K=Mn>Zn>P>N>Fe$ 。

4) 铜川和宝鸡地区的 NII 或 ΣDOP 均最大, 表明这两个地区仍有很大的增产潜力。

参考文献:

[1] 刘星辉. 柑桔叶片矿质营养与产量的相关性[J]. 果树科学, 1993, 10(3): 133-136.
[2] 姜远茂, 顾曼如, 束怀瑞. 红星苹果的营养诊断[J]. 园艺学报, 1994, 21(1): 1-5.

1995, 22(3): 215—220.

[3] 李辉桃, 周建斌. 应用 DRIS 法评价苹果树营养状况初探[J]. 陕西农业科学, 1994, (4): 15—17.

[4] 麻进仓. 陕西苹果基地建设的对策研究[J]. 陕西农业科学, 2001, (2): 1—3.

[5] 赵政阳, 付润民, 王福成. 陕西苹果品种现状、存在问题及发展对策[J]. 西北园艺, 1988, (1): 2—3.

[6] 魏钦平, 李嘉瑞. 苹果品质与生态因子关系的研究[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(4): 532—536.

[7] 陆秋农. 我国苹果的分布区域与生态因子[J]. 中国农业科学, 1980, (1): 46—51.

[8] 王进鑫, 刘秉正. 抓住西部开发机遇、创建绿色食品基地[J]. 水土保持研究, 2000, (1): 63—68.

[9] 李港丽, 张光中. 果树叶分析的采样、洗涤和预处理的标准化[A]. 北京农业大学园艺系果树矿质营养研究室. 果树文集(5) (矿质营养专辑)[C]. 北京: 北京农业大学出版社, 1988: 24—30.

[10] Beaufils E R. Diagnosis and recommendation integrate system (DRIS)[J]. Soil Science Bulletin. 1973, (1): 1—132.

[11] Wolworth J L, Summer M E. Preliminary DRIS norms for Alfalfa in the southeastern United States and a comparison with Midwestern norms[J]. Agronomy Journal, 1986, 78: 1046—1052.

[12] Montañés L. Plant interpretation based on new index: deviation from optimum percentage (DOP)[J]. Journal of Plant Nutrition, 1993, 16(7): 1289—1308.

[13] 安贵阳, 史联让, 杜志辉. 陕西地区苹果叶营养元素标准范围的研究[J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 81—83.

[14] 李港嗣. 果树营养诊断概述[A]. 北京农业大学园艺系果树矿质营养研究室. 果树文集(5)[C]. 北京: 北京农业大学出版社, 1988: 11—23.

[15] 庄伊美. 柑桔营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.

[16] 周学伍, 吕 斌, 李质怡, 等. 锦橙矿质营养元素适宜含量的研究[J]. 西南农业大学学报, 1991, 13(1): 15—20.

[17] Davee D E, Righetti T L, Fallahi E, et al. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in ' Napoleon sweet cherry. [J]. Amer. Soc. Hort. Sci, 1986, 111(6): 988—993.

[18] Parent L E, Granger R L. Derivation of DRIS norms for a high density apple orchard established in the Quebec Appalachian mountains [J]. Amer. Soc. Hort. Sci., 1989, 114(6): 915—919.

Study on nutrient diagnosis of Fuji apple in Shaanxi Province

XU Min, WU Fa-qi, ZHANG Yang, ZHANG Jin

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The mineral element content of leaves sampled from Fuji apple excellent demonstration orchards in Weibei area of Shaanxi Province was analysed. The nutrient diagnosis of apple leaf was investigated by DRIS, M—DRIS and DOP. The results were as follows: (1) The available nutrient content of leaves was significantly different among different orchards. (2) There were nine mineral elements that were diagnosed in apple leaves of every orchard. The most deficiency element among those nine elements in orchards in the regions of Yan ’ an, Tongchuan and Baoji was copper (Cu), while that in Weinan was calcium (Ca), in Xianyang was manganese (Mn). (3) The NII and $\sum$ DOP of apple leaf in orchards of every region were accounted. The nutrient of apple in Tongchuan orchards was of the most imbalance among the orchards of the five regions.

Keywords: Fuji apple; nutrient diagnosis; DRIS; M—DRIS; DOP