

环渤海湾地区主要梨园树体矿质营养元素状况研究

宋晓晖, 谢 凯, 赵化兵, 李艳丽, 徐阳春, 董彩霞*

(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘 要: 以叶片矿质营养元素含量作为树体营养诊断的依据, 对环渤海湾地区有代表性的 203 个梨园树体矿质营养状况及相应土壤养分状况进行了研究, 结果表明: (1) 该地区 81% ~ 97% 的梨园叶片 P、Ca、Mg、Fe 含量处于适宜状态, 26% ~ 40% 的梨园叶片 N、K、Zn 含量偏低。(2) 除 Mg、Zn 外, 不同梨树品种间叶片中矿质营养含量差异明显。与其它品种相比, 苹果梨 N、P 含量较高, 而 K 含量偏低; 莱阳茺梨 N 含量较低, 而 P、K 含量较高; 砀山酥梨 N、P、K 含量均偏低。(3) 初步筛选出 N/P、Mg/P、Zn/P、K/Mg、Ca/Mg、Zn/Mg 作为该地区梨园营养诊断与施肥建议综合法的营养诊断参数, 低产梨园各元素需肥顺序大致为 $Mg > P > Ca > K > Zn > N > Fe$ 。(4) 土壤 pH 与梨树叶片中 Ca、Mg 含量呈极显著正相关, 与 Zn 呈极显著负相关; 土壤有机质含量与梨树叶片中 N、Mg 含量呈极显著正相关; 叶片 N、K、Ca、Mg、Zn 含量与其所对应的土壤有效态养分均呈极显著或显著正相关。

关键词: 梨; 果园; 叶片; 矿质营养元素; DRIS; 环渤海湾地区

中图分类号: S 661.2

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2011) 11-2049-10

Investigation of the Mineral Nutrients Status of Pear Leaves in Main Orchards Around the Bohai Bay Region

SONG Xiao-hui, XIE Kai, ZHAO Hua-bing, LI Yan-li, XU Yang-chun, and DONG Cai-xia*

(College of Resources and Environment Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The pear tree nutrition diagnosis is based on mineral nutrition element contents in its leaves. This study investigated the nutrient status of pear leaves and soils in main orchards around the Bohai Bay region. The results showed that: (1) In 81% - 97% orchards, the P, Ca, Mg and Fe contents in leaves were at optimal level, while in 26% - 40% orchards, N and Zn contents were at the lower level. (2) Except for Mg and Zn, the other mineral nutrients content in leaves varied significantly in different cultivars. Pingguoli pear had higher N and P contents, but lower K content, Laiyang Chili pear had lower N, but higher P and K contents, and Dangshan Suli pear had lower contents of N, P and K. (3) N/P, Mg/P, Zn/P, K/Mg, Ca/Mg, Zn/Mg were screened for the DRIS parameters, and the sequence of the elements, necessary for improvement of the low-yield pear trees, was approximately $Mg > P > Ca > K > Zn > N > Fe$.

收稿日期: 2011 - 08 - 01; 修回日期: 2011 - 10 - 24

基金项目: 国家梨产业技术体系项目 (CARS-29-15)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: cxdong@njau.edu.cn)

致谢: 本研究分析的土壤和叶片样品由国家梨产业技术体系营口、昌黎、烟台及泰安等 4 个综合试验站提供, 感谢李俊才、乐文全、李元军、王少敏等专家及其团队成员的帮助。

(4) The soil pH is positively correlated to leaf Ca, Mg content, but negatively correlated to leaf Zn content. There was a significant positive correlation between organic matter in soil and the leaf N, Mg content. Anyway, between the leaf content of N, K, Ca, Mg, Zn and soil available nutrients, there is a significant positive correlation.

Key words: pear; orchards; leaf; mineral nutrients; DRIS; Bohai Bay region

通过叶片矿质营养分析判断果树营养状况是指导果树施肥的重要手段。叶片是树体上对土壤矿质营养反应最敏感的器官,一方面是地下部运输来的矿质养分的贮库,同时又是果实生长发育所需矿质营养的供给源,因此,叶片矿质营养状况可以在一定程度上反映树体以及土壤的养分状况(韩振海, 1996)。李港丽等(1987)提出利用叶片矿质元素含量对果树潜在的营养状况进行诊断,迈出了中国梨树叶片矿质营养诊断的第一步。近年来,对影响果树叶片营养元素含量的因素(姜远茂等, 1995b; 刘和等, 1997; 程福厚等, 2003), 叶片营养元素含量的季节变化规律(Buwalda & Meekings, 1990; 林敏娟等, 2005; 李保国等, 2006), 叶片营养诊断含量(李美桂等, 2008)及标准(刘红霞等, 2009)以及叶片中营养元素含量与土壤养分的相关性(Galizzi et al., 2004; 周静等, 2008; 沈洋等, 2009)等方面开展了相关工作,促进了叶片诊断技术的发展。但目前中国利用叶片分析技术指导施肥还没有成为常规措施,与苹果和柑橘相比,梨树方面的研究更少。环渤海湾的辽宁、河北、山东是中国重要的梨产区,但是在梨树施肥上普遍存在盲目施用的现象。作者通过对该地区代表性梨园叶片矿质营养元素含量的分析测定,研究叶片矿质营养与梨树品种、产量、土壤矿质营养状况等的关系,以期为指导梨树合理施肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 叶片样品

本试验所用材料由国家梨产业技术体系环渤海湾地区的营口、昌黎、泰安和烟台等4个试验站提供,每个试验站采集5个示范县,每个示范县选10个以上的具代表性梨园,共计203个梨园13个品种。2009年于梨树新梢停长期(7月上中旬)采集新梢中部成熟叶片,采用S型布点,每个梨园取30~50株树,每株树取2~4片叶,混合后作为该果园的代表样品。叶片(含叶柄)带回室内,用吸水纸蘸去离子水轻拭表面灰尘后,于105℃杀青30 min后70℃烘至恒重,用不锈钢磨样机磨细后放入封口袋内备用。样品测定于南京农业大学资源与科学学院植物营养土壤肥料研究工作室完成。

1.2 土壤样品

土壤采样在梨果采收之后施肥之前,与7月份叶片采样的果园相对应,以树干为圆点向外延伸到树冠边缘的2/3处,用不锈钢土钻取0~20 cm土层土样,每株对角采两点,每个梨园按S形采集15株树冠下土壤,混合后用四分法留土样1 kg,放在干净的塑料袋内,带回室内风干,除去草根、小石头等杂质后研磨,分别过20目和100目孔径的尼龙筛,放入封口袋保存。

1.3 样品的测定

叶片全N用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,连续流动分析仪(AA3)测定。P、K、Ca、Mg、Fe、Zn用 $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ 消煮,ICP-AES测定。土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定,碱解氮采用扩散法,有效磷采用Olsen法,速效钾采用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸铵浸提火焰光度法,交换性钙、交换性镁采用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸铵浸提,

ICP-AES 测定,有效铁、锰、铜、锌采用 DTPA 浸提,ICP-AES 测定,pH 用 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CaCl}_2$ 浸提,酸度计测定(鲍士旦,2000)。

1.4 DRIS 参数的确定

对供试的 5 个主要品种(鸭梨、丰水、黄冠、黄金、南果梨),根据其前一年的产量,将鸭梨产量 $\geq 90 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,丰水梨产量 $\geq 75 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,黄冠梨产量 $\geq 60 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,黄金梨产量 $\geq 45 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,南果梨产量 $\geq 30 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的梨园设为高产园,共 27 个;将鸭梨产量 $\leq 75 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,丰水梨产量 $\leq 60 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,黄冠梨产量 $\leq 52.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,黄金梨产量 $\leq 37.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,南果梨产量 $\leq 22.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的梨园设为低产园,共 46 个。

参考刘红霞等(2009)的方法将各梨园营养元素含量用 N/P、N/K、N/Ca、N/Mg、N/Fe、N/Zn、P/K、P/Ca、P/Mg、P/Fe、P/Zn、K/Ca、K/Mg、K/Fe、K/Zn、Ca/Mg、Ca/Fe、Ca/Zn、Mg/Fe、Mg/Zn、Fe/Zn 形式及其各自的倒数形式共 42 种指标,分别计算高产园和低产园各种形式的平均值、方差、标准差、变异系数和方差比(低产园/高产园),并对方差比进行显著性检验,经 F 检验达到显著水平的指标(每对形式,如 N/P 和 P/N,只选择差异最显著的一个作为重要参数)被确定为营养诊断与施肥建议综合法(Diagnosis and recommendation integrated system, DRIS)参数(姜远茂等,1995a)。DRIS 指数是表示植物对某一营养元素需要的强度。某元素指数越小,需要的强度越大。反之,需要的强度就越小,有时甚至是过剩,当指数等于零时,表示该元素与其它元素之间处于相对平衡状态(刘红霞等,2009)。

采用 Microsoft excel 2003, SPSS 16.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 环渤海湾地区梨园叶片矿质养分分析

由表 1 可知,环渤海湾地区主要梨园叶片中 N、P、K 含量范围分别为 $15.54 \sim 26.42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $1.00 \sim 2.47 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $2.76 \sim 24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;而梨树叶片 N、P、K 的适宜范围分别为 $20 \sim 24 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $1.2 \sim 2.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $10 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (张玉星,2003)。比较发现,环渤海湾地区梨园叶片含 P 量基本处于适宜状态,部分地区存在 N、K 缺乏的现象。其中,叶片 N 平均含量为 $20.92 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,在适宜范围内的叶片样本占总样本的 52.22%,35.96% 的样品 N 含量低于适宜值范围;叶片含 P 量在适宜范围内的样本数占 83.25%,其平均含量为 $1.38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,低量样本仅占 16.26%;叶片平均含 K 量为 $13.01 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,在适宜范围内的梨园为 70.94%,低含量梨园占 25.62%。

表 1 环渤海湾地区主要梨园叶片矿质营养元素含量

Table 1 The contents of pear leaf mineral nutrients in main orchards around the Bohai Bay region

营养元素 Nutrients	范围 Range	平均值 Average	分布频率/%	Distribution frequencies of the contents			适宜范围* Suitable ranges
			低量样品 Low samples	适量样品 Appropriate samples	高量样品 High samples		
N / (g · kg ⁻¹)	15.54 ~ 26.42	20.92	35.96	52.22	11.82	20.0 ~ 24.0	
P / (g · kg ⁻¹)	1.00 ~ 2.47	1.38	16.26	83.25	0.49	1.2 ~ 2.5	
K / (g · kg ⁻¹)	2.76 ~ 24.00	13.01	25.62	70.94	3.45	10.0 ~ 20.0	
Ca / (g · kg ⁻¹)	10.06 ~ 28.01	17.59	0.00	97.54	2.46	10.0 ~ 25.0	
Mg / (g · kg ⁻¹)	1.83 ~ 8.27	3.87	5.91	93.60	0.49	2.5 ~ 8.0	
Fe / (mg · kg ⁻¹)	83.74 ~ 207.08	137.23	1.90	81.01	17.09	96.0 ~ 168.0	
Zn / (mg · kg ⁻¹)	11.09 ~ 91.13	23.03	40.39	59.11	0.49	20.0 ~ 60.0	

注: $n = 203$ 。*引自张玉星(2003)。

Note: $n = 203$. *Quote Zhang Yu-xing (2003).

叶片中 Ca、Mg、Fe 营养元素含量大多在适宜值范围内, 含量适宜的梨园分别达到了 97.54%、93.60% 和 81.01%。叶片微量元素 Zn 的范围为 11.09 ~ 91.13 mg · kg⁻¹, 其平均含量为 23.03 mg · kg⁻¹, 其中适宜含量梨园占 59.11%, 其它梨园基本低于适宜范围。可见, 环渤海湾地区梨园叶片存在一定程度的 Zn 缺乏。其中山东泰安综合试验站的历城区和冠县两个示范县的梨园缺素现象较为严重, 其叶片较小, 发黄并向上卷曲, 同时部分呈现病斑, 与缺 Zn 引起的小叶病症状相符。

2.2 叶片营养元素间的相关性

对梨树叶片中不同矿质元素间进行的相关性分析结果表明, 叶片中 N 与 P 呈极显著正相关, 与 K 呈极显著负相关, 与 Ca 呈显著负相关 (表 2); 叶片内 K 与 Mg 呈极显著负相关, 与 Fe 和 Zn 呈极显著正相关; 叶片内 Ca 与 Mg 呈极显著正相关, 与 P、Zn 呈显著负相关, 同时叶片内 Zn 与 Mg 呈极显著负相关, 与 P 呈显著正相关。

表 2 环渤海湾地区梨园叶片内矿质元素的相关性分析结果

Table 2 The correlative relationship of the pear leaf mineral nutrients in orchards around the Bohai Bay region

元素 Element	N	P	K	Ca	Mg	Fe
P	0.361**					
K	- 0.325**	0.174*				
Ca	- 0.169*	- 0.157*	0.032			
Mg	0.130	- 0.095	- 0.199**	0.406**		
Fe	- 0.137	0.025	0.200**	0.115	0.026	
Zn	0.019	0.153*	0.229**	- 0.144*	- 0.251**	- 0.024

注: *表示 5%显著水平; **表示 1%显著水平。n = 203。

Note: *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) . n = 203.

2.3 不同品种叶片中矿质元素含量

比较环渤海湾地区主要梨园中不同品种叶片矿质元素含量可以看出, 除 Mg、Zn 外, 不同品种间叶片中各矿质营养含量差异明显, 但 11 个品种叶片中的 P、Ca、Mg、Fe 含量基本在适宜范围, 只有少数品种存在不同程度的 N、K、Zn 的缺乏 (表 3)。与其它品种相比, 鸭梨、绿宝石叶片含 N 量最低, 苹果梨叶片含 N 量最高, 但其含 K 量最低; 莱阳茌梨叶片中 P、K 含量较高, 但 N 含量偏低; 秀丰、砀山酥梨均存在不同程度的缺 K, 丰水叶片中 K、Ca 含量最高, 而南果梨、巴梨、伏洋梨叶片中 Ca 含量最低; 同时秀丰梨叶片含 Zn 量也处于缺乏状态。

表 3 不同品种叶片中矿质元素含量差异比较

Table 3 Comparison of the leaf mineral nutrients among different pear cultivars

品种 Cultivar	N/(g · kg ⁻¹)	P/(g · kg ⁻¹)	K/(g · kg ⁻¹)	Ca/(g · kg ⁻¹)	Mg/(g · kg ⁻¹)	Fe/(mg · kg ⁻¹)	Zn/(mg · kg ⁻¹)
黄冠 Huangguan	20.52 cd	1.34 cdef	17.71 ab	18.61 bcd	3.67 ab	192.99 a	25.43 ab
鸭梨 Yali	17.51 e	1.24 ef	16.65 ab	18.57 bcd	4.13 ab	178.32 a	19.60 ab
南果梨 Nanguoli	22.73 b	1.37 cde	10.53 de	15.37 e	4.32 a	137.22 bc	21.52 ab
苹果梨 Pingguoli	24.51 a	1.56 ab	9.84 e	18.35 cd	3.72 ab	187.66 a	21.81 ab
锦丰 Jinfeng	21.86 bc	1.51 abc	10.74 de	18.56 bcd	3.79 ab	123.48 cd	21.81 ab
巴梨 Bartlett	22.58 b	1.37 cde	10.02 e	14.99 e	3.73 ab	116.13 cd	23.26 ab
伏洋梨 Fuyangli	21.06 bc	1.42 bcd	12.92 cd	15.42 e	3.71 ab	101.06 d	22.63 ab
黄金 Huangjin	19.17 de	1.42 bcd	15.42 bc	16.69 de	3.14 b	120.20 cd	25.03 ab
丰水 Hosui	21.45 bc	1.39 bcde	16.59 ab	22.12 a	4.22 ab	125.26 cd	27.01 ab
莱阳茌梨 Laiyang Chili	19.06 de	1.61 a	19.27 a	17.79 cde	3.14 b	110.39 cd	27.80 a
绿宝石 Green Diamond	18.63 e	1.22 ef	14.82 bc	19.07 bcd	4.15 ab	158.95 ab	25.27 ab
秀丰 Xiufeng	18.61 e	1.26 def	8.39 e	21.45 ab	3.79 ab	124.58 cd	17.94 b
砀山酥梨 Dangshan Suli	20.48 cd	1.19 f	8.98 e	20.44 abc	3.97 ab	115.13 cd	20.99 ab

2.4 高产和低产梨园叶片的 DRIS 营养诊断分析

按照 1.4 节的方法, 通过 F 检验, 共有 N/P、Mg/P、Zn/P、K/Mg、Ca/Mg、Zn/Mg 等 6 种指标的方差比 (低产/高产) 达显著或极显著水平, 因此, 可将高产园的这 6 种指标的平均值、标准差和变异系数作为环渤海湾地区梨园叶片的诊断标准 (表 4)。

表 4 环渤海湾地区高、低产量梨园叶片营养元素含量统计分析

Table 4 Statistical analysis of the leaf mineral nutrients contents in high and low yield orchards around the Bohai Bay region

指标 Index	低产园 Low yield orchard			高产园 High yield orchard			方差比 (低产/高产) Variance ratio of low to high yield orchard
	平均值 Average	方差 Variance	变异系数/% Coefficient of variation	平均值 Average	方差 Variance	变异系数/% Coefficient of variation	
N (10^{-3})	21.62	5.67	10.90	19.74	6.88	13.30	0.82
P (10^{-3})	1.39	0.03	13.01	1.30	0.02	10.52	1.77
K (10^{-3})	14.22	20.73	31.68	14.07	16.31	28.70	1.27
Ca (10^{-3})	17.17	15.25	22.49	18.14	13.50	20.26	1.13
Mg (10^{-3})	3.99	1.69	32.18	3.92	0.71	21.50	2.37 *
Fe (10^{-4})	1.76	0.26	29.23	2.05	0.39	30.33	0.68
Zn (10^{-5})	2.49	1.55	49.92	2.14	0.37	28.32	4.22 **
N/P	15.77	5.72	15.17	15.16	2.34	10.09	2.44 **
N/K	1.78	0.83	51.17	1.62	0.81	55.74	1.02
N/Ca	1.33	0.12	26.02	1.14	0.10	27.63	1.19
N/Mg	5.81	2.35	26.38	5.31	2.62	30.49	0.90
Fe/N (10^{-3})	8.27	7.49	33.10	10.85	19.23	40.43	0.39
N/Zn (10^3)	0.98	0.09	30.35	0.99	0.09	30.53	0.96
K/P	10.30	11.20	32.48	10.98	12.85	32.66	0.87
Ca/P	12.51	9.30	24.38	14.08	10.68	23.22	0.87
Mg/P	2.92	1.08	35.56	3.05	0.58	24.94	1.87 *
P/Fe	8.53	6.96	30.92	6.97	5.55	33.82	1.25
Zn/P (10^{-3})	1.80	0.81	49.99	1.65	0.24	29.42	3.43 **
Ca/K	1.35	0.37	45.31	1.39	0.24	35.31	1.54
K/Mg	3.96	3.18	45.08	3.69	1.42	32.22	2.25 *
Fe/K (10^{-2})	1.41	0.69	58.88	1.62	0.79	54.87	0.88
Zn/K (10^{-3})	1.89	0.78	46.75	1.72	0.85	53.62	0.91
Ca/Mg	4.61	2.17	31.94	4.74	0.96	20.64	2.27 *
Fe/Ca (10^{-2})	1.07	0.13	34.29	1.17	0.14	32.25	0.95
Zn/Ca (10^{-3})	1.48	0.35	39.82	1.25	0.29	42.61	1.22
Fe/Mg (10^{-2})	4.79	4.07	42.17	5.48	3.96	36.31	1.03
Zn/Mg (10^{-3})	6.91	16.77	59.26	5.86	6.81	44.57	2.46 **
Fe/Zn	7.86	8.85	37.87	10.33	18.15	41.23	0.49

注: $F_{0.05} = 1.83$, $F_{0.01} = 2.40$; *表示 5%显著水平; **表示 1%显著水平。

Note: *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) .

以高产园各诊断参数的平均值和变异系数作为诊断的参比值, 对低产园叶片的 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Zn 的需肥指数进行计算。所得结果如下: N 指数 1.54, P 指数 - 1.45, K 指数 - 0.45, Ca 指数 - 0.95, Mg 指数 - 2.09, Fe 指数 2.25, Zn 指数 1.15, 说明该地区低产梨园对肥料的需求顺序大致为 $Mg > P > Ca > K > Zn > N > Fe$ 。但落实到具体某一个果园的时候, 还应根据具体情况进行分析, 不能笼统而论。

2.5 土壤养分含量与叶片矿质营养含量的关系

植物吸收的大部分矿质营养均来源于土壤, 研究土壤状况与叶片营养间的相关性, 有助于了解土壤养分条件对树体的影响, 从而为正确地施肥和培肥土壤提供科学依据。对环渤海湾地区 203 个梨园叶片以及其对应的土壤养分含量进行相关性分析, 结果 (表 5) 表明, 土壤的 pH 与叶片中的

Ca、Mg 含量呈极显著正相关, 与 N、Zn 呈极显著负相关, 与 P 呈显著负相关。而有机质与叶片中 N、Mg 含量呈极显著正相关, 与 K 含量呈极显著负相关。此外, 叶片中 N、K、Ca、Mg、Zn 含量与其所对应的土壤元素的含量达到显著或极显著关系。

研究表明, 土壤中的全氮含量与叶片中 Ca、K 分别呈极显著和显著负相关, 而与叶片中的 P 呈显著正相关。土壤中有有机质、碱解氮均与叶片中 K 呈极显著负相关, 全氮、交换性 Mg 与其呈显著负相关, 而有效磷、有效 Cu 与其呈极显著正相关。土壤交换性 Ca 与叶片 N、Zn 呈极显著负相关, 与 P 呈显著负相关, 与叶片 Fe、Mg 分别呈极显著和显著正相关, 交换性 Mg 与叶片 N、Fe 呈显著正相关和极显著负相关, 与叶片 K 呈显著负相关。土壤中有有效 Fe、有效 Mn 与叶片中的 N、Zn 呈极显著正相关, 有效 Fe 与 P 呈显著正相关, 而与叶片中 Ca、Mg 呈极显著负相关, 有效 Mn 与叶片 Fe 呈极显著负相关, 与叶片 Mg 呈显著负相关。

表 5 环渤海湾地区梨园土壤理化指标与梨树叶片元素含量相关性分析结果

Table 5 The correlative relationship of the mineral nutrients in leaf and physical and chemical characters of soil in pear orchard around the Bohai Bay region

土壤理化指标 Physical and chemical characters of soil	叶片中元素含量 The contents of elements in leaves						
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
pH	-0.455**	-0.178*	0.134	0.344**	0.274**	0.020	-0.307**
有机质 Organic matter	0.274**	0.042	-0.298**	-0.071	0.198**	-0.095	-0.027
全氮 Total N	0.361**	0.148*	-0.173*	-0.243**	-0.051	-0.085	0.071
碱解 N Alkaline hydrolyticN	0.220**	-0.018	-0.274**	-0.028	0.03	-0.167*	0.005
有效 P Available P	-0.082	0.122	0.334**	-0.042	-0.224**	-0.053	0.170*
速效 K Available K	-0.116	0.078	0.309**	-0.02	-0.079	0.075	0.078
交换 Ca Exchangeable Ca	-0.341**	-0.160*	-0.049	0.291**	0.174*	0.306**	-0.298**
交换 Mg Exchangeable Mg	0.177*	0.125	-0.169*	-0.052	0.278**	0.267**	-0.11
有效 Fe Available Fe	0.292**	0.175*	0.061	-0.276**	-0.311**	0.08	0.264**
有效 Zn Available Zn	-0.045	0.073	0.198**	-0.084	-0.116	0.106	0.175*
有效 Mn Available Zn	0.242**	0.035	-0.104	-0.11	-0.167*	-0.250**	0.229**
有效 Cu Available Cu	-0.327**	-0.121	0.227**	-0.013	-0.02	0.132	-0.003

注: *表示 5%显著水平; **表示 1%显著水平。n = 203。

Note: *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); **. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) . n = 203.

3 讨论

3.1 环渤海湾地区主要梨园树体营养状况

本结果表明, 环渤海湾地区梨园叶片含 P、Ca、Mg 基本处于适宜状态, 部分地区梨园 N、K、Zn 含量偏低。少数梨园叶片中 N 含量高于适宜值, 与生产上过量施用氮肥有关。部分梨园叶片出现缺氮现象, 可能与氮肥的施用时期、施用技术和施肥深度等不合理有关 (巨晓棠和张福锁, 2003; 卢树昌 等, 2008), 造成土壤中氮素流失过多, 后期果树脱肥现象 (姜远茂 等, 2007)。通过分析各梨园钾肥投入状况, 发现梨园钾素投入远远低于氮素投入, 这可能是叶片钾含量低于适宜值的主要原因。北方石灰性土壤中锌的有效性较低 (韩凤祥 等, 1993), 有机肥的投入量也很少, 造成叶片中锌的含量较低。该地区叶片中铁含量均处于适宜值范围之内, 而生产上常发现新梢顶部叶片有黄化现象, 这与 Fe 在韧皮部的移动性很低, 一旦进入细胞和组织内就较难再转移到其它部位 (Oserkowsky, 1933) 有关, 同时, 也说明叶片全铁含量不能充分代表植株铁营养状况, 有效铁含量可能是进行铁营养诊断的重要参数 (毛富春 等, 2002)。袁怀波 (2006) 发现 Zn 和 K 的严重缺

乏也会导致叶绿素形成受阻, 导致树叶黄化, 因此叶片失绿也可能与 K、Zn 含量偏低有关。

3.2 营养元素间的拮抗和增效作用

叶片中各种矿质元素并不是孤立存在着, 它们之间存在着不同程度的协调与拮抗作用, 一种元素的转运和吸收很可能受到另外一种或几种矿质元素的影响 (Adamec et al., 2002), 因此在施肥时应予以重视。本试验结果表明, 叶片内 N 对其它元素影响最为广泛和重要, 其次是 K, 这与前人研究结果 (余红兵 等, 2007; 张森 等, 2007) 一致。其中叶片中 N 与 K 之间呈极显著负相关, 与 P 呈极显著正相关, 与余红兵等 (2007)、杨生权 (2008) 等报道一致。叶片内 Ca 与 Mg 呈极显著正相关, 与 Fe 呈显著正相关, 与 Zn 呈显著负相关, 同时叶片内 Mg 与 Zn 呈极显著负相关, 这与林敏娟等 (2005) 研究结果部分一致。说明叶片内 Ca、Mg、Fe 之间存在着一定的协同作用, 而三者和 Zn 之间存在着一定的拮抗作用。其它元素间虽然呈现一定相关性, 但关系较为复杂, 还有待进一步研究分析。

3.3 品种、产量对叶片矿质营养的影响

不同品种间叶片中矿质营养元素差异较大。研究结果表明, 环渤海湾地区苹果梨 K 含量较低, 与曲柏宏等 (1996) 的研究结果一致。袁怀波 (2006) 发现苹果梨叶片 P、Mg 含量适中, 需控制 N、Fe 而补 K; 潘海发和徐义流 (2008) 也指出砀山酥梨叶片存在缺 K 现象。梨品种间叶片营养元素含量差异研究表明不同品种梨树叶片矿质营养差异较大, 因此不同品种在制定施肥方法时, 也应根据其自身的营养状况进行。与高产梨园相比, 除 Ca、Fe 外, 环渤海湾地区低产梨园各营养元素平均含量均高于高产梨园, 说明养分不平衡是限制梨园高产优质的重要因素, 这与 Mccray 等 (2010) 研究结果一致。DRIS 营养诊断的结果表明, N/P、Mg/P、Zn/P、K/Mg、Ca/Mg、Zn/Mg 是对该地区梨园叶片营养诊断的重要标准, 该地区低产梨园梨树各元素需肥顺序大致为 $Mg > P > Ca > K > Zn > N > Fe$ 。K 是影响果实产量的重要指标 (Velemis et al., 1999; 何忠俊 等, 2002), 吴少华等 (1993) 研究发现南方低产梨园叶片中的 K 含量低于高产园, 施用钾镁肥可以显著提高果实品种和产量 (王小荣 等, 2009), Ca 对提高果实单果重和产量有着重要影响 (Raese, 1996; 李中勇和高东升, 2007), Stampar 等 (1999) 研究发现苹果叶面喷施 P、Ca 等营养元素后, 果实产量提高 30%, 本试验结果与这些报道基本一致。因此, 可以通过增施镁肥、磷肥、钾肥、钙肥, 控制 N 肥用量, 平衡施肥, 提高该地区梨果产量。

3.4 土壤状况与叶片营养间的相关性

土壤的 pH 值也对叶片营养元素的吸收有极大的影响, 特别是对 N、P、Ca、Mg、Zn 等元素的影响最大。土壤 pH 与叶片中的 Ca、Mg 含量呈极显著正相关, 与 Zn 呈极显著负相关 (表 5), 即在一定范围内随着 pH 的升高, 叶片中的 Ca、Mg 含量增加, 而 Zn 含量减少, 这说明 Ca、Mg、Zn 之间存在着某种拮抗作用, 与前人的结果在很大程度上相近 (余红兵 等, 2007; 杨生权, 2008)。土壤有机质与叶片中 N、Mg 含量呈极显著正相关, 表明增加土壤中的有机质, 可以提高叶片中的养分含量。本研究中叶片 N、P、K、Ca、Mg、Zn 与对应的土壤有效养分均呈显著正相关关系, 这与丁平海等 (1994)、刘运武 (1998) 的研究结果一致, 说明提高土壤特定元素含量, 可以在一定程度上提高相对应的树体中该元素的水平。丁平海等 (1994) 将不同品种叶片矿质营养含量与 0 ~ 20 cm 土层中矿质营养含量之间的相关性进行分析, 结果表明, 土壤中 N、P、K、Zn 等元素有效养分含量与叶片中相应的元素含量之间呈正相关, 叶片中 N、P、K、Zn 的缺乏, 与土壤中相应的有效态元素含量较低有关。土壤中 Ca、Mg、Mn 等元素表现为与叶片中相应元素呈负相关。本文中叶片 K

含量与土壤有机质含量呈负相关,与前人结果并不一致(余红兵等,2007;魏雪梅等,2008),可能与高有机质梨园中较高的果实产量带走的钾素较多,因而叶片中出现钾含量低的现象。这种现象还需进一步通过试验验证。此外,本研究中叶片中的 K 含量与全氮、碱解氮含量呈极显著负相关,但与有效 P 含量呈极显著负相关,这与叶片内营养元素拮抗研究中, K 与 N 显著负相关, K 与 P 显著正相关结果一致。这说明在生产中一些果农为了提高产量而施用大量 N 肥具有盲目性,应该合理平衡 N、P、K 的配比,科学施肥才可以促进植物养分吸收。

3.5 施肥建议

目前我国梨园施肥普遍存在着盲目施肥的现象,农民片面追求大果、高产而大量施用 N 肥,不注重氮磷钾养分配比,如大多数梨园施用的复合肥为 1:1:1 型。这种高氮磷钾型复合肥与梨树的需氮磷钾规律(1:0.5:1)差距太大,造成梨园土壤磷素大量积累,不利于其它养分的吸收。在实际应用中,应根据梨树的需肥规律、梨园土壤的供肥规律合理选用适宜氮磷钾比例的复合肥。同时,应加大梨园有机肥的施用,在提高土壤有机质的同时,活化土壤中的锌、硼等微量元素。在施肥技术方面,应避免各种肥料表施和撒施现象,而要适当的深施(刘先成,2005)。

References

- Adamec L. 2002. Leaf absorption of mineral nutrients in carnivorous plants stimulates root nutrient uptake. *New Phytologist*, 155 (1): 89 - 100.
- Bao Shi-dan. 2000. Agricultural soil analysis. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 鲍士旦. 2000. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社.
- Buwalda J G, Meekings J S. 1990. Seasonal accumulation of mineral nutrients in leaves and fruit of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.) . *Scientia Horticulturae*, 41 (3): 209 - 222.
- Cheng Fu-hou, Li Shao-hua, Meng Zhao-qing. 2003. Study on the effect of regulated deficit irrigation on the vegetative growth, cropping and fruit quality of Yali pear variety. *Journal of Fruit Science*, 20 (1): 22 - 26. (in Chinese)
- 程福厚, 李绍华, 孟昭清. 2003. 调亏灌溉条件下鸭梨营养生长、产量和果实品质反应的研究. *果树学报*, 20 (1): 22 - 26.
- Ding Ping-hai, Xi Rong-ting, Zhang Yu-xing, Wang Guo-ying, Wei Jing. 1994. Design of 3 main apple varieties in Hebei Province. *Journal of Hebei Agricultural University*, 17 (3): 5 - 10. (in Chinese)
- 丁平海, 郝荣庭, 张玉星, 王国英, 魏 静. 1994. 河北省主要苹果营养状况及施肥设计. *河北农业大学学报*, 17 (3): 5 - 10.
- Galizzi F A, Felker P, Gonzalez C, Gardiner D. 2004. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality cactus pears, *Opuntia ficus indica* in a traditional farm setting in Argentina. *Journal of Arid Environments*, 59: 115 - 132.
- Han Feng-xiang, Hu Ai-tang, Qin Huai-ying, Shi Rui-he. 1993. Study on mechanism of zinc deficiency in calcareous soils. *Environmental Chemistry*, 12 (1): 36 - 42. (in Chinese)
- 韩凤祥, 胡霭堂, 秦怀英, 史瑞和. 1993. 石灰性土壤环境中缺锌机理的探讨. *环境化学*, 12 (1): 36 - 42.
- Han Zhen-hai. 1996. Nutrition diagnose and fertilization of fruit trees. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 韩振海. 1996. 果树营养诊断与施肥. 北京: 中国农业大学出版社.
- He Zhong-jun, Zhang Guang-lin, Zhang Guo-wu, Ma Lu-jun, Tong Yan-an. 2002. Effect of potash application on the output and quality of kiwifruit in Loess area. *Journal of Fruit Science*, 19 (3): 163 - 166. (in Chinese)
- 何忠俊, 张广林, 张国武, 马路军, 同延安. 2002. 钾对黄土区猕猴桃产量和品质的影响. *果树学报*, 19 (3): 163 - 166.
- Jiang Yuan-mao, Gu Man-ru, Peng Fu-tian. 1995a. DRIS, M-DRIS and DOP using in fruit trees. *Journal of Shandong Agricultural university*, 26 (4): 531 - 534. (in Chinese)
- 姜远茂, 顾曼如, 彭福田. 1995a. DRIS、M—DRIS 和 DOP 法在果树上的应用. *山东农业大学学报*, 26 (4): 531 - 534.
- Jiang Yuan-mao, Gu Man-ru, Shu Huai-rui. 1995b. Relationship between iron chlorosis and mineral composition in apple leaves. *Acta Horticulturae Sinica*, 22 (2): 183 - 184. (in Chinese)
- 姜远茂, 顾曼如, 束怀瑞. 1995b. 缺铁失绿与苹果矿质元素含量的关系. *园艺学报*, 22 (2): 183 - 184.

- Jiang Yuan-mao, Zhang Hong-yan, Zhang Fu-suo. 2007. The comprehensive nutrient management theory and practice of deciduous fruit trees in the north of China. Beijing: China Agricultural University Press. (in Chinese)
- 姜远茂, 张宏彦, 张福锁. 2007. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践. 北京: 中国农业大学出版社.
- Ju Xiao-tang, Zhang Fu-suo. 2003. Thinking about nitrogen recovery rate. China Agricultural University, 12 (2): 192 - 197. (in Chinese)
- 巨晓棠, 张福锁. 2003. 关于氮肥利用率的思考. 生态环境, 12 (2): 192 - 197.
- Li Bao-guo, Xu Ai-chun, Qi Guo-hui, Li Su-ping. 2006. Variation pattern of main mineral element content in leaves of Red Fuji apple. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 21 (3): 296 - 299. (in Chinese)
- 李保国, 徐爱春, 齐国辉, 李素平. 2006. 红富士苹果叶片主要矿质元素含量变化规律研究. 河北林果研究, 21 (3): 296 - 299.
- Li Gang-li, Su Run-yu, Shen Juan. 1987. Studies on the nutritional ranges in some deciduous fruit trees. Acta Horticulturae Sinica, 14 (2): 81 - 89. (in Chinese)
- 李港丽, 苏润宇, 沈 隽. 1987. 几种落叶果树叶内矿质元素含量标准值的研究. 园艺学报, 14 (2): 81 - 89.
- Li Mei-gui, Xie Wen-long, Xie Zhong-chen, Shi Qing, Li Jian. 2008. Study on the optimum parameters of mineral nutrition in orchard for early season pear cultivars. Journal of Fruit Science, 25 (4): 473 - 477. (in Chinese)
- 李美桂, 谢文龙, 谢钟琛, 施 清, 李 健. 2008. 早熟砂梨矿质营养适宜值研究. 果树学报, 25 (4): 473 - 477.
- Li Zhong-yong, Gao Dong-shen. 2007. Studies on the influence of the yield and quality of nectarine with the application of calcium chloride spray. Deciduous Fruits, (3): 25 - 26. (in Chinese)
- 李中勇, 高东升. 2007. 喷钙对设施油桃产量和品质的影响. 落叶果树, (3): 25 - 26.
- Lin Min-juan, Xu Ji-zhong, Chen Hai-jiang, Wang Zhen-lei, Han Yong-feng. 2005. Seasonal changes of mineral elements in leaves and fruits of Whangkeumbae. Journal of Agricultural University of Hebei, 28 (6): 23 - 27. (in Chinese)
- 林敏娟, 徐继忠, 陈海江, 王振雷, 韩永峰. 2005. 黄金梨叶片、果实中矿质元素含量的周年变化动态. 河北农业大学学报, 28 (6): 23 - 27.
- Liu He, Yang Pei-fang, Gu Run-ze, Luo Jian-xia, Gao Mei-ying. 1997. A study on the content of N, P, K in the leaves and fruit of spur type apple. Acta Agriculturae Boreall-Sinica, 12 (3): 125 - 129. (in Chinese)
- 刘 和, 杨佩芳, 古润泽, 骆建霞, 高美英. 1997. 短枝型苹果叶片及果实内氮磷钾含量研究. 华北农学报, 12 (3): 125 - 129.
- Liu Hong-xia, Zhang Hui-min, Guo Da-yong, Wang Liu-hao, Wang Xu-gang, Sun Li-rong, Kou Tai-ji. 2009. Foliar nutrition diagnosis of Red Fuji apple in western Henan Province. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 12 (3): 125 - 129. (in Chinese)
- 刘红霞, 张会民, 郭大勇, 王留好, 王旭刚, 孙丽蓉, 寇太记. 2009. 豫西地区红富士苹果叶片营养诊断. 植物营养与肥料学报, 15 (2): 457 - 462.
- Liu Xian-cheng. 2005. Orchard soil management and fertilization - Fertilization. Northern Fruit, 43 (3): 43 - 45. (in Chinese)
- 刘先成. 2005. 果园土壤管理与施肥——施肥. 北方果树, 43 (3): 43 - 45.
- Liu Yun-wu. 1998. Influence of N application on yield and quality of Wenzhou mandarin. Acta Pedologica Sinica, 35 (1): 1124 - 128. (in Chinese)
- 刘运武. 1998. 施用氮肥对温州蜜柑产量和品质的影响. 土壤学报, 35 (1): 124 - 128.
- Lu Shu-chang, Chen Qing, Zhang Fu-suo, Jia Wen-zhu. 2008. Analysis of nitrogen input and soil nitrogen load in orchards of Hebei Province. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 14 (5): 858 - 865. (in Chinese)
- 卢树昌, 陈 清, 张福锁, 贾文竹. 2008. 河北省果园氮素投入特点及其土壤氮素负荷分析. 植物营养与肥料学报, 14 (5): 858 - 865.
- Mao Fu-chun, Zhang Feng-yun, Zhao Xian-gui, Zhang Ke-li. 2002. Relativity of active iron contents and chlorosis in the kiwis leaf. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 11 (2): 54 - 56. (in Chinese)
- 毛富春, 张风云, 赵先贵, 张克丽. 2002. 美味猕猴桃叶片有效铁含量与黄叶病相关性研究. 西北农业学报, 11 (2): 54 - 56.
- Mccray J M, Ji S, Powell G, Montes G, Perdomo R. 2010. Sugarcane response to DRIS-Based fertilizer supplements in Florida. Journal of Agronomy and Crop Science, 196 (1): 66 - 75.
- Oserkowsky J. 1933. Quantitative relation between chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves. Plant Physiology, 8 (3): 449 - 468.
- Pan Hai-fa, Xu Yi-liu. 2008. Effect of Spraying KCl on the leaves on potassium content of leaves and fruit quality of Dangshan Suli pear. Chinese Agricultural Science Bulletin, 24 (3): 270 - 273. (in Chinese)
- 潘海发, 徐义流. 2008. 叶面喷施钾肥对砀山酥梨叶片钾素含量和果实品质的影响. 中国农学通报, 24 (3): 270 - 273.

- Qu Bai-hong, Piao Hong-quan, Piao Yi-long, Chen Yan-qiu, Yin Xi-feng. 1996. Analysis on the nutrition contents in *Pyrus pyrifolia* cv. Pingguoli trees in Yanbian area. *Acta Horticulturae Sinica*, 23 (4): 334 - 338. (in Chinese)
- 曲柏宏, 朴红权, 朴一龙, 陈艳秋, 尹锡凤. 1996. 苹果梨树营养状况的初步研究. *园艺学报*, 23 (4): 334 - 338.
- Raese J T. 1996. Calcium nutrition affects cold hardiness, yield, and fruit disorders of apple and pear trees. *Journal of Plant Nutrition*, 19 (7): 1131 - 1139.
- Shen Yang, Han Xiao-ri, Yang Xiao-bo, Yang Jing-feng, Yu Cheng-guang. 2009. Studies on the quality of Nanguo pear and the nutrient elements of soil in Liaoning. *Agricultural Science & Technology and Equipment*, (4): 15 - 18. (in Chinese)
- 沈 洋, 韩晓日, 杨晓波, 杨劲峰, 于成广. 2009. 辽宁南果梨品质与土壤营养元素关系研究. *农业科技与装备*, (4): 15 - 18.
- Stampar F, Hudina M, Dolenc K, Usenik V. 1999. Influence of foliar fertilization on yield quantity and quality of apple (*Malus domestica* Borkh) . Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: 91 - 94.
- Velemis D, Almalitis D, Bladenopoulou S K. 1999. Leaf nutrient levels of apple orchards (cv. Starkimmon) in relation to crop yield. *Advances in Horticultural Science*, 139 (4): 147 - 150.
- Wang Xiao-rong, Zhang Qing-wen, Tian Quan-ming, Wang Hu. 2009. Effectiveness of combined application for potassium-magnesium fertilizer on crops. *Journal of Fruit Science*, 25 (6): 140 - 145. (in Chinese)
- 王小荣, 张晴雯, 田全明, 王 虎. 2009. 作物产量和品质对钾镁肥增效配施的响应. *中国农学通报*, 25 (6): 140 - 145.
- Wei Xue-mei, Liao Ming-an, Zhou Ting-guo, Dai Shen-yin. 2008. Research in the relationship between the soil nutrition and the leaf nutrients of *Pyrus pyrifolia* Nak.cv. Jinhua. *Xiandai Horticulture*, (9): 4 - 6. (in Chinese)
- 魏雪梅, 廖明安, 周廷国, 戴盛银. 2008. 金花梨叶片营养与土壤养分之间的相关性研究. *现代园艺*, (9): 4 - 6.
- Wu Shao-hua, Wang Hai-long, Yu Yong-ming. 1993. Research in the leaf nutrition of the pear trees in the south China. *Deciduous Fruits*, (2): 30 - 32. (in Chinese)
- 吴少华, 王海龙, 虞永明. 1993. 南方梨树叶片矿质营养的研究. *落叶果树*, (2): 30 - 32.
- Yang Sheng-quan. 2008. Studies on the influence of soil and leaf nutrient on citrus fruit's output and quality [M. D. Dissertation]. Chongqing: Southwest University. (in Chinese)
- 杨生权. 2008. 土壤和叶片养分状况对柑橘产量和品质的影响 [硕士论文]. 重庆: 西南农业大学.
- Yu Hong-bin, Tan Quan-yuan, Wang Ren-cai, Xiao Run-lin, Yang Zhi-jian. 2007. Studies on citrus leaves nutrient status in citrus orchards in demonstration area of environmental immigrants in northwest Guangxi. *Guangxi Agricultural Sciences*, 38 (6): 648 - 652. (in Chinese)
- 余红兵, 谭全元, 王仁才, 肖润林, 杨知健. 2007. 桂西北环境移民示范区柑桔园叶片营养状况研究. *广西农业科学*, 38 (6): 648 - 652.
- Yuan Huai-bo. 2006. Investigation of the nutrition in soil of apple-pear garden and in plant. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 34 (24): 6544 - 6545. (in Chinese)
- 袁怀波. 2006. 苹果梨园土壤营养与叶片营养的调查. *安徽农业科学*, 34 (24): 6544 - 6545.
- Zhang Sen, Pan Li-zhong, Wang Xiao-bing. 2007. Research on annual variation of the mainly nutrient elements in leaves of 'Kuerle' pear. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 13 (8): 41 - 43. (in Chinese)
- 张 森, 潘立忠, 王小兵, 吴 刚. 2007. 库尔勒香梨叶内主要矿质元素年生长动态变化的研究. *安徽农学通报*, 13 (8): 41 - 43.
- Zhang Yu-xing. 2003. Cultivation theory of fruit trees. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- 张玉星. 2003. 果树栽培学各论. 北京: 中国农业出版社.
- Zhou Jing, Cui Jian, Hu Feng. 2008. Studies on the influence of soil water to the roots and leaves nutrient of oranges. *China Fruit*, (5): 14 - 17. (in Chinese)
- 周 静, 崔 键, 胡 锋. 2008. 土壤水分对柑橘根和叶营养元素的影响. *中国果树*, (5): 14 - 17.