

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.02.006

赵志国, 唐凤鸾, 李顺辉, 等. 桂北丰水梨园土壤养分与叶片营养的相关性分析 [J]. 广西植物, 2013, 33(2): 171–176

Zhao ZG, Tang FL, Li SH, et al. Correlation analysis on nutrition status of soil and leaf nutrients for *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui citrus demonstration orchard [J]. Guihaia, 2013, 33(2): 171–176

桂北丰水梨园土壤养分与叶片营养的相关性分析

赵志国^{1*}, 唐凤鸾¹, 李顺辉², 黄志琼², 石云平¹, 付传明¹, 黄宁珍¹

(1. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006; 2. 广西壮族自治区桂林市农科所, 广西 桂林 541006)

摘 要: 选取桂北地区有生理异常现象发生的丰水梨园, 以成年结果树为研究对象, 通过检测年生长周期内梨树叶片矿质营养元素、土壤养分的含量, 分析不同时期梨树叶片营养元素和土壤养分含量及其动态变化规律, 探讨年生长季内叶片营养与土壤养分之间的相关关系。结果表明: (1) 在生长季节内, 丰水梨叶片中 N、P、K 含量丰富; 营养元素含量随时间的变化幅度均为 P 最大, N、K 较小, 但均未达到显著水平 ($P > 0.05$)。 (2) 梨园土壤中有机质、水解性 N 含量丰富, 有效 P、速效 K 含量普遍偏高; 年生长周期内土壤速效 N、P、K 含量随时间的推移变化较大, 均达显著水平 ($P < 0.05$), 而有机质含量则相对稳定。 (3) 梨树叶片 N 含量与土壤有机质、水解性 N、有效 P、速效 K 含量呈显著正相关关系 ($P < 0.05$); 叶片 P 和 K 含量与土壤水解性 N 含量分别呈显著负相关和正相关关系 ($P < 0.05$), 而与土壤有机质、有效 P、速效 K 相关关系不明显。

关键词: 丰水梨; 示范园; 营养状况; 土壤; 叶片; 相关分析

中图分类号: Q946.91 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)02-0171-06

* Correlation analysis on nutrition status of soil and leaf nutrients for *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui citrus demonstration orchard

ZHAO Zhi-Guo^{1*}, TANG Feng-Luan¹, LI Shun-Hui², HUANG Zhi-Qiong²,
SHI Yun-Ping¹, FU Chuan-Ming¹, HUANG Ning-Zhen¹

(1. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China; 2. Guilin Institute of Agricultural Science, Guangxi Zhuang Autonomous Region, Guilin 541006, China)

Abstract: Bearing trees of *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui in the northern area of Guilin, where physiologically abnormal phenomena were very typical, were selected as the research objects to study the relationship between nutrition of leaves and soil nutrients and its dynamic change rule in different periods by mensurating mineral nutrient contents of leaves and soil in the annual growth cycle, so as to probe into the relationship between the nourishments of leaves and soil in annual growing season. The results were as follows: (1) N, P and K contents of the leaves were abundant in the whole growing season, and the variation range of P contents was the most, while that of N, K contents less, and did not reach a significant level ($P > 0.05$). (2) The soil organic matter, hydrolysis of N contents of the pear gardens were very abundant, and effective P and available K contents were generally high. Available N, P, K contents of the soil in the growth cycle reached a significant level ($P < 0.05$), and the soil organic matter content was relatively stable. (3) N contents in the leaves had

* 收稿日期: 2012-09-09 修回日期: 2012-12-12

基金项目: 广西科技攻关项目(桂科攻 0992003B-31)

作者简介: 赵志国(1964-), 男, 广西桂平市人, 研究员, 硕士生导师, 研究方向为植物学与生物技术, (E-mail) zwsfkf@139.com。

通讯作者(Author for correspondence)

a significant positive correlation with soil organic matter, hydrolysis of N, effective P, and available K content of the soil ($P < 0.05$), and P and K contents in the leaves significant negatively and positively correlated with soil hydrolysis of N respectively ($P < 0.05$), while had insignificant relationship with soil organic matter, effective P and available K contents of the soil.

Key words: *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui; citrus demonstrational orchard; nutrient status; soil; leaf; correlation analysis

梨(*Pyrus* spp.)是世界五大水果之一,被誉为百果之宗。在我国,梨的栽培历史悠久,主栽品种有秋子梨、白梨、砂梨和西洋梨等4个种系,其中丰水梨(*P. pyrifolia* cv. Hosui)是从日本引进的早熟砂梨品种,因其品种果大、质优、美观而被誉为“水晶梨”。丰水梨果实糖度高、石细胞少、肉质细嫩、香脆多汁、上市早,因而倍受消费者青睐。桂北地区气候温和,雨量充沛,是丰水梨等南方早熟梨的主产区,近年来栽培面积逐渐扩大,生产发展迅速,已成为当地农民增收和致富的重要途径之一。但在生产过程中,丰水梨品种会出现叶片黄化早落、秋季返青返花、大小年频发等生理异常现象,导致第二年梨树结果少、产量低、果实品质差,严重影响了丰水梨栽培的经济效益(赵志国等,2011)。目前国内外学者主要从营养诊断(Buwalda & Meekings, 1990; Galizzi *et al.*, 2004; 李美桂等, 2008)、生理(刘剑锋等, 2007)、分子遗传(吕金海等, 2006)、结构解剖(刘建萍等, 2002)以及栽培施肥(潘海发等, 2008; 陈磊等, 2010)等方面对不同品种的梨树进行研究。但有关丰水梨园土壤及叶片营养动态及其相互关系的研究尚未见有文献报道。

由于梨树生长发育和结果与土壤关系十分密切,分析丰水梨植株叶片及土壤营养状况,不仅为营养诊断与平衡施肥提供依据,而且对提高丰水梨产量和品质、保持长期丰产、稳产具有重要作用。2009年以科技攻关项目的形式与当地合作,选取有生理异常现象发生的丰水梨园进行试验示范,以成年结果树为研究对象,通过检测年生长周期内梨树叶片矿质营养元素、土壤养分的含量,分析不同时期梨树叶片和土壤营养状况及其动态变化规律,探讨年生长季内叶片营养与土壤养分之间的相关关系,以期当地丰水梨品种的生产栽培和管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验示范园的选择

本研究试验示范园选在桂林市雁山镇和葡萄镇(地处 $109^{\circ}36'55'' \sim 110^{\circ}29'12''$ E, $24^{\circ}15'23'' \sim 26^{\circ}$

$23'19''$ N),属中亚热带季风气候,当地气候温和、雨量充沛、年无霜期长、光照充足、热量丰富、四季分明且雨热基本同季。该示范园地势平坦,海拔约160 m,年均气温 18°C ,1月份平均气温为 6.5°C ,7月份平均气温为 27.5°C ,年降水量约1 830 mm。

两样地概况:(1)雁山镇桂林市农科所梨园,面积 5 hm^2 ,树龄7年生,11月份施放鸡、鸭粪等基肥,3、5月份施放复合肥,7、8月份叶面喷施 0.2% KH_2PO_4 ,生理异常发生早、程度中等;(2)葡萄镇葡萄梨园,面积 10 hm^2 ,树龄7年生,1月份施放鸡、鸭粪等基肥,5、7、9月份施放尿素和复合肥,生理异常发生晚、程度相对较轻。在两样地梨园中选取生长基本一致(地茎 $18 \sim 20\text{ cm}$ 、胸径 $14 \sim 16\text{ cm}$ 、树干高 $1.0 \sim 1.2\text{ m}$ 、冠幅 $3.0 \sim 3.5\text{ m}$)、病虫害少的成年结果丰水梨树为研究对象。

1.2 植株叶片和土壤采集

1.2.1 土样采集及处理 丰水梨园土壤为碱性石灰性土。2009年5~11月在试验园内,于各处理树冠外围东、南、西、北4个方向采集果园土壤。按照不同的地形分区,采用“Z”字形多点取样的方法,选取距离果园周围15 m、生长基本一致的梨树作为采样树,在离树干约1 m到树冠滴水线之间取样,每个取样点避开当年施肥穴40 cm左右,土壤取样深度为 $0 \sim 40\text{ cm}$,每点取土样约1 000 g。将每个样点采集的土在瓷盘内摊开、捏碎,去除动植物残体和碎石等杂质,再将每棵树4个取样点的土壤混合均匀,采用四分法,逐步去土最后得到1 000 g左右的土样为一个样品,每个梨园随机选取15棵树共60个取样点,混合成15份土样,土样带回实验室自然风干后,再进行磨碎、过筛等常规处理,保存备用。

1.2.2 叶样采集及处理 每月30日采样1次。于上午9点左右,以土壤样品采集的对应植株为对象,在东、南、西、北、中5个方向(即对应取土点的上方),从树冠外围上、中、下三层中选取无病虫害、生长良好的结果枝,采集顶端往下第3~5片叶子,每株10个枝条30片叶子,混合为1个样品。每园15棵梨树共450片叶子,混合成15份叶样。叶片样品

表 1 两样地丰水梨叶片 N、P、K 含量检测结果及参照标准值

Table 1 Test results of N,P,K contents in leaves of *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui and reference standard values

叶片营养元素含量 Leaf nutrient contents	葡萄梨园 Putao	平均值 Average	农科所梨园 Nongkesuo	平均值 Average	参照标准值 Standard
氮 N (g · kg ⁻¹)	16.92 ~ 25.38	20.10	20.61 ~ 25.69	22.40	18 ~ 28
磷 P (g · kg ⁻¹)	1.46 ~ 3.01	1.97	1.45 ~ 3.06	2.07	1.2 ~ 2.5
钾 K (g · kg ⁻¹)	10.6 ~ 16.8	13.72	14.2 ~ 16.3	15.44	9 ~ 23

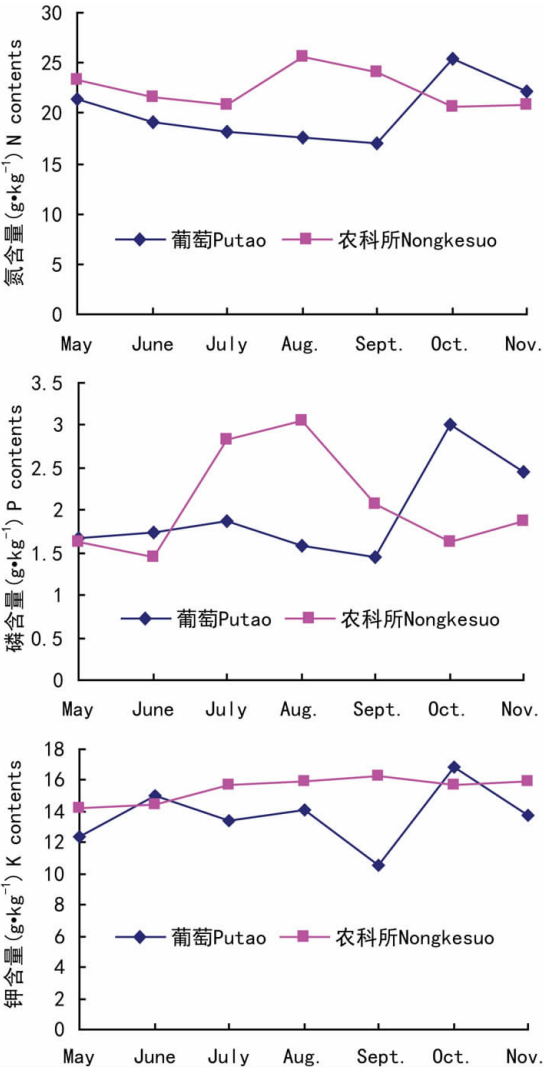


图 1 丰水梨叶片营养元素(N、P、K) 含量季节变化
Fig. 1 Seasonal dynamics of N,P,K nutrient contents
in leaves of *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui

按分析微量元素的要求进行处理,经洗涤、杀菌、烘干、粉碎、过筛后,放于保温保湿容器中保存备用。

1.3 样品分析

参照中华人民共和国林业行业标准——森林土壤分析的方法。叶样先用硫酸 – 高氯酸消化,再用微量凯氏定氮法,测定氮;用钼蓝比色法,测定磷;用火焰光度法,测定钾。采用碱解 – 扩散法,分析测定

土壤水解性氮;用盐酸 – 硫酸浸提法,分析测定有效磷;用乙酸铵浸提 – 火焰光度法,分析测定速效钾;用重铬酸钾氧化 – 外加热法,分析测定有机质。

1.4 统计分析

应用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS12.0 软件,对相关数据进行处理和统计分析以及显著性和相关性检验。

2 结果与分析

2.1 丰水梨叶片营养状况

2.1.1 叶片营养元素含量特征 N、P、K 是植物必需的营养元素,其含量占植物体干物质的 0.1% 以上,它的丰缺直接影响到树体的生长发育及农产品的质量 and 产量。对葡萄梨园、农科所梨园两样地年生长周期内梨树叶片的 N、P、K 含量分别进行检测,其结果可参照李美桂等(2008) 关于早熟砂梨高产果园叶片营养诊断标准(表 1)。从表 1 可以看出,在两样地梨树叶片 N、P、K 含量中,除了葡萄样地 8、9 两个月 N 含量(分别为 16.92、17.62 g · kg⁻¹) 稍低于标准范围下限,以及葡萄样地 10 月 P 含量(3.01 g · kg⁻¹) 和农科所样地 7、8 两个月 P 含量(分别为 2.83、3.06 g · kg⁻¹) 稍高于标准范围上限外,其余均在标准范围内,这说明丰水梨叶片 N、P、K 含量基本达到高产早熟砂梨的营养要求。

2.1.2 叶片营养元素含量动态变化 植物在不同的生长周期内随着源库关系的改变,不同生长时期植株对各营养元素的要求不同,因此也就形成了植物各营养元素的季节性变化。对葡萄梨园、农科所梨园两个不同样地丰水梨叶片 N、P、K 的含量进行动态分析(图 1)。图 1 结果显示,同一样地梨树叶片 N、P、K 含量年生长季节内的动态变化趋势基本相似,而不同样地间存在一定差异,如含量上升和下降出现的时间和幅度不同。具体动态变化: 在葡萄样地中,N、P、K 各营养元素的变化基本一致,均为 5 ~ 8 月变化平稳,8 月后各含量下降较快,9 月到达最低点,之后迅速回升,10 月达到整个生长周期的最

高值,10~11月又迅速下降,即在生长后期含量变化较大;在农科所样地中,N、P含量的变化趋势相似,均随时间的推移呈现先下降后回升再下降再回升的趋势,但出现的时间和幅度不同,N含量的变化较P缓和,下降及回升所需的时间长、幅度小,而K含量在整个生长周期内变化平稳。这说明不同梨园因管理水平、挂果量等的差异直接影响树体营养变化,但树体对同一营养元素的总体需求不变。因此,施肥时应依据实际情况掌握好时间和用量。

2.1.3 叶片营养元素含量方差分析 利用变异系数(coefficient of variation)对葡萄梨园、农科所梨园两样地年生长周期内同一营养元素的相对变异程度进行度量(表2)。表2结果表明,在整个生长季节中,

两个样地梨树叶片中N、P、K各营养元素含量的变化幅度均为P最大,N、K较小,但均未达到显著水

表2 不同月份丰水梨叶片N、P、K含量的变异系数和方差分析

Table 2 Variance analysis and variation coefficient of N,P,K contents in leaves of *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui in different months

叶片营养元素 Leaf nutrient	变异系数 Variation coefficient		方差分析 Variance analysis	
	葡萄梨园 Putao	农科所梨园 Nongkesuo	F值 F value	P值 P value
氮 N	0.15	0.09	0.27	>0.05
磷 P	0.28	0.30	0.56	>0.05
钾 K	0.14	0.05	0.55	>0.05

表3 两样地土壤养分含量检测结果及参照标准值

Table 3 Soil nutrient contents test results of two samples and reference standard values

土壤养分含量 Soil nutrient contents	葡萄梨园 Putao	平均值 Average	农科所梨园 Nongkesuo	平均值 Average	参照标准值 Standard
有机质 Organic matter ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	21.5 ~ 25.6	24.01	26.6 ~ 31.2	29.16	10 ~ 25
水解性 N Hydrolytic N ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	60.5 ~ 90.3	72.77	77.3 ~ 117.6	86.2	60 ~ 130
有效 P Available P ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	57.3 ~ 88.7	68.24	10.9 ~ 61.9	28.80	10 ~ 40
速效 K Available K ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	168 ~ 318	238.57	191 ~ 280	213.86	65 ~ 200

平($P > 0.05$)。

2.2 丰水梨园土壤养分状况

2.2.1 土壤养分含量特征 土壤是植物根系吸收营养的主要场所,其养分含量的丰富度和各营养元素的存在形式直接影响到根系的吸收和树体营养水平。对葡萄梨园、农科所梨园两样地土壤养分含量进行检测,结果参照李美桂等(2008)制定的早熟砂梨矿质营养适宜值诊断标准(表3)。从表3可以看出,在整个生长季节内,两样地土壤有机质含量分别为 $21.5 \sim 25.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $26.6 \sim 31.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,均达到或高于参照标准值($10 \sim 25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),符合丰产优质梨园土壤有机质的含量标准(一般要求高于 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。水解性N含量分别为 $60.5 \sim 90.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $77.3 \sim 117.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,均处于适宜值($60 \sim 130 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)范围内;有效P、速效K含量普遍偏高,尤其是葡萄样地速效K、有效P含量明显高于适宜值上限,其中有效P最低含量都高出适宜值上限40.75%。根据植物对土壤营养元素的吸收规律及元素离子间的拮抗作用,某个元素含量过高会破坏土壤溶液中离子间的平衡,从而影响植物对土壤养分的吸收利用。因此,在施肥时应根据具体情况,可适当减小P、K肥的施用量,既可节约成本又能保持土壤内各营养元素的最佳比例。

2.2.2 土壤养分含量动态变化 随着季节的变化,不同生育期树体根系从土壤中吸收的营养元素的种类和数量也随之变化,形成了土壤养分的季节变化。对两个丰水梨园土壤养分含量的检测结果如图2。从图2可以看出,在年生长季节内,土壤有机质含量较稳定;速效N、P、K含量变化较大,均达到显著水平($P < 0.05$)。具本变化:5~7月下降幅度较大,8月到达低点,之后有不同程度的回升,其中水解性N、速效K含量在8~10月间回升幅度较大,10月出现峰值后又开始下降,而有效P含量在8~11月内变化不大。

2.3 丰水梨叶片营养与土壤养分的相关性分析

对丰水梨叶片营养与土壤养分进行相关性分析(表4)。从表4可以看出,叶片N含量与土壤有机质、水解性N、有效P、速效K含量均呈显著正相关关系,说明土壤有机质含量增加可导致丰水梨叶片N含量增加,而有机质中富含N、P、K等元素,在其分解过程中可不断向土壤补充养分而使土壤中的N、P、K浓度升高。叶片P含量与土壤水解性N含量呈显著负相关关系,与土壤有机质、有效P呈负相关关系,与土壤速效K呈正相关关系,但趋势均不明显;叶片K含量与土壤水解性N呈显著正相关关系,与土壤有机质、有效P、速效K呈正相关关系,

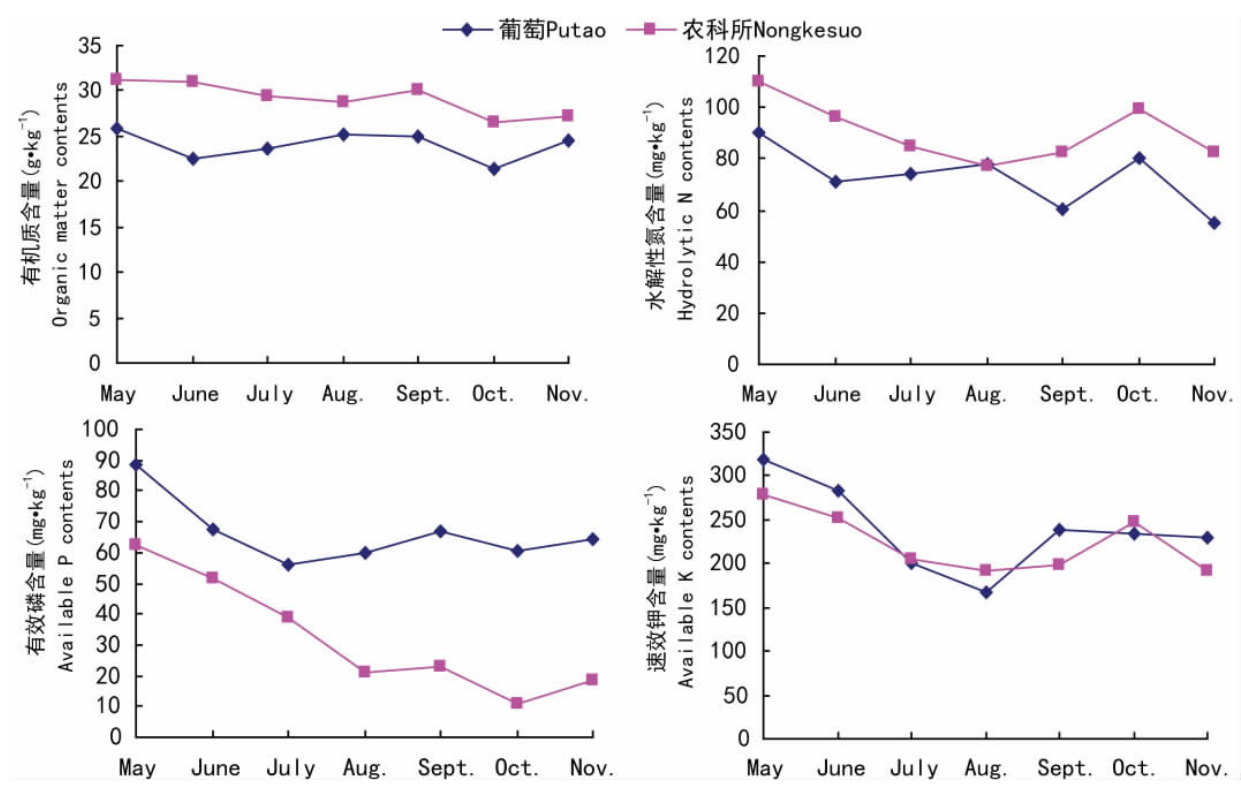


图 2 丰水梨园土壤养分含量的季节变化

Fig. 2 Seasonal dynamics of soil nutrient contents of *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui

但趋势也均不明显。说明在一定范围内,提高土壤水解性 N 含量水平可促进丰水梨根系对 K 的吸收,而抑制对 P 的吸收,因此在施肥时应注意 N、P、K 的配施比例,避免造成浪费及破坏土壤元素平衡。

表 4 丰水梨叶片与土壤养分相关系数

Table 4 Correlation coefficient of nutrient contents of leaves and soil of *Pyrus pyrifolia* cv. Hosui

叶片营养元素 Leaf nutrient	土壤养分 Soil nutrient			
	有机质 Organic matter	水解性 N Hydrolytic N	有效 P Available P	速效 K Available K
氮 N	0.429*	0.360*	0.390*	0.496*
磷 P	-0.187	-0.364*	-0.262	0.157
钾 K	0.264	0.432*	0.208	0.230

注: * 表示 5% 显著水平。
Note: * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed) .

3 结论与讨论

3.1 丰水梨树体营养及梨园土壤养分状况

叶片是对土壤矿质营养反应最为敏感的器官,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。本研究结果表明: 在整个生长季

节内,丰水梨叶片 N、P、K 含量基本达到了早熟砂梨高产优质的营养水平,而梨园土壤养分含量检测结果为土壤有机质和水解性 N 含量丰富,有效 P 和速效 K 含量普遍偏高。这说明土壤矿质营养丰富可为树体提供充足的养分,但当土壤矿质养分含量超过一定期限时,过高的养分含量并不能使树体相应的营养含量也增高。因为叶片和土壤中各种矿质营养元素并不是孤立存在的,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一种或几种矿质元素的影响(Adamec *et al.*, 2002)。在一定程度上叶片虽能反映土壤的养分状况,但若单纯通过分析叶片的营养状况来判断施肥很难满足树体的需要。因此,要进行科学、合理地施肥,还要分析其土壤的养分含量,通过多种途径提高土壤的供肥能力,改善树体对养分的吸收利用,以免破坏土壤性质和造成不必要的浪费。

3.2 丰水梨树体营养及梨园土壤养分的季节变化

从叶片营养的季节动态变化观察,在整个生长季中,两样地梨树叶片 N、P、K 各营养元素的变化幅度均为 P 最大,N、K 的变化均较小,而且三种营养元素均存在一个回升时期,回升幅度较大并高于生

长初期。这与前人对梨树叶片营养动态的研究结果(叶片中 N、P、K 均随季节推移呈现下降,且下降幅度较大)差异较大(林敏娟等,2005; Buwalda & Meekings,1990)。这可能的原因是因为桂北地区秋冬季节气温偏高、夏秋之交高温干旱及梨园管理不当等因素,容易导致早熟梨尤其是丰水梨出现二次开花及返青等生理异常现象(赵志国等,2011)。

土壤动态分析结果显示,5~7 月土壤有效 N、P、K 含量下降幅度较大,8 月后各营养元素有不同程度的回升,10 月出现峰值后又开始下降。这种变化趋势与 5~7 月丰水梨果实迅速膨大、春梢抽放及新叶旺盛生长等生理活动相关,此期因细胞的快速分裂和生长需要消耗大量的营养;此外,5~7 月也是桂林地区的雨水季节,养分大量淋溶也是造成含量下降的一大因素(理永霞等,2009);8 月后,随着果实的采摘,果农要投放一次肥料使树体恢复,因此由于人工施肥而提高了土壤中有效养分的含量;10 月,由于南方地区经常出现高温干旱而使早熟梨普遍出现返花及返青现象,增加了树体对速效养分的需求,从而使土壤速效养分含量又出现下降。

3.3 叶片营养与土壤养分之间的相关性

植物吸收的大部分矿质营养均来源于土壤,研究土壤养分与叶片营养之间的相关性,有助于了解土壤养分条件对树体的影响。桂林市雁山镇和葡萄镇丰水梨园大多建立在丘陵山地,土壤为碱性石灰性土,选择丰水梨示范园进行植株叶片营养及土壤养分状况分析,有较强的代表性。本研究结果表明,土壤中的有机质、水解性 N、有效 P 及速效 K 均能显著影响梨树叶片的 N 含量,其中水解性 N 还能显著影响梨树叶片中的 P、K 的含量。这一结果与刘助生等(2008) 配施氮、磷、钾肥或单施氮肥可极显著或显著提高丰水梨植株生物量,以及陈磊等(2010) 适量增施氮肥能提高丰水梨果实品质等研究结果相关联;与宋晓晖等(2011) 梨园土壤有机质与梨树叶片中 N 含量呈极显著正相关的研究结果相同。此外,本研究中植株叶片 P 与土壤有机质、水解性 N、有效 P 呈负相关,与 Galizzi *et al.* (2004) 和魏雪梅等(2008) 的研究结果不一致。这可能与梨树果实的生长发育需要消耗较多的 P 元素有关,因而梨树叶片中出现磷含量低的现象。这种现象还有待于进一步研究证实。

参考文献:

刘助生,李峰,廖青,黄东亮,李宇慧. 2008. 氮磷钾配施对红壤

- pH 值、交换性铝及丰水梨幼树生长的影响[J]. 中国南方果树,37(5):66-67
- Adamec L. 2002. Leaf absorption of mineral nutrients in carnivorous plants stimulates root nutrient uptake[J]. *New Phytol*,155(1):89-100
- Buwalda JG, Meekings JS. 1990. Seasonal accumulation of mineral nutrients in leaves and fruit of Japanese pear (*Pyrus serotina*) [J]. *Sci Hortic*,41(3):209-222
- Chen L(陈磊), Wu T(伍涛), Zhang SL(张绍铃), *et al.* 2010. Effects of nitrogen fertilizer on fruit quality and leaf physiological metabolism of Hosui pear(丰水梨不同施氮量对果实品质形成及叶片生理特性的影响)[J]. *J Fruit Sci(果树学报)*,27(6):871-876
- Galizzi FA, Felker P, Gonzalez C, *et al.* 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 [J]. *J Arid Environ*,59:115-132
- Li YX(理永霞), Cha ZZ(茶正早), Luo W(罗微), *et al.* 2009. Dynamics and transfer of nutrients in the seedling leaves of three *Eucalyptus* varieties(3 种桉树幼苗叶片养分变化及其转移特性)[J]. *Sci Silv Sin(林业科学)*,45(1):152-157
- Li MG(李美桂), Xie WL(谢文龙), Xie ZC(谢钟琛), *et al.* 2008. Study on the optimum parameters of mineral nutrition in orchard for early season pear cultivars(早熟砂梨矿质营养适宜值研究)[J]. *J Fruit Sci(果树学报)*,25(4):473-477
- Lin MJ(林敏娟), Xu JZ(徐继忠), Chen HJ(陈海江), *et al.* 2005. Seasonal changes of mineral elements in leaves and fruits of Whangkeumbae(黄金梨叶片、果实中矿质元素含量的周年变化动态)[J]. *J Agric Univ Hebei(河北农业大学学报)*,28(6):23-27
- Liu JF(刘剑锋), Peng SA(彭抒昂), Cheng YQ(程云清). 2007. Studies on calcium transportation and its movement in pear fruit (梨果各部分(皮、肉、核)钙运转动态的研究初报)[J]. *Guihaia(广西植物)*,27(2):240-243
- Liu JP(刘建萍), Xin H(辛华), Yan CY(阎春雨), *et al.* 2002. An anatomical study on the floral nectary of Xin-Li No. 7 pear ("新梨七号"花蜜腺的发育解剖学研究)[J]. *Guihaia(广西植物)*,22(3):239-241
- Lü JH(吕金海), Wu XJ(伍贤进), Zhou SW(周书伟). 2006. Molecular genetic comparison analysis of Jinqiu Pear and Xingao Pear(金秋梨和新高梨的分子遗传学对比分析)[J]. *Guihaia(广西植物)*,26(3):297-299
- Pan HF(潘海发), Xu YL(徐义流). 2008. Effect of Spraying KCl on the leaves on potassium content of leaves and fruit quality of Dangshan Sulri pear(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)[J]. *Chin Agric Sci Bull(中国农学通报)*,24(3):270-273
- Song XH(宋晓晖), Xie K(谢凯), Zhao HB(赵化兵), *et al.* 2011. Investigation of the mineral nutrients status of Pear leaves in main orchards around the Bohai Bay region(环渤海湾地区主要梨园树体矿质营养元素状况研究)[J]. *Acta Hortic Sin(园艺学报)*,38(11):2049-2058
- Wei XM(魏雪梅), Liao MA(廖明安), Zhou TG(周廷国), *et al.* 2008. Research in the relation-ship between the soil nutrition and the leaf nutrients of *Pyrus pyrifolia* cv. Jinhua(金花梨叶片营养与土壤养分之间的相关性研究)[J]. *Xiandai Hortic(现代园艺)*, (9):4-6
- Zhao ZG(赵志国), Huang NZ(黄宁珍), Tang FL(唐凤鸾), *et al.* 2011. Research on the cause of physiologic abnormality of south-early-ripening-pear in north Guangxi(桂北南方优质早熟梨生理异常现象成因研究)[J]. *Guangxi Sci(广西科学)*,18(3):298-303