

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2020.06.012

王莉, 叶小梅, 张应鹏, 等. 江苏省‘苏翠 1 号’高产及中低产梨园土壤与叶片养分的差异研究. 土壤, 2020, 52(6): 1179–1186.

江苏省‘苏翠 1 号’高产及中低产梨园土壤与叶片养分的差异研究^①

王莉, 叶小梅*, 张应鹏, 王子臣, 奚永兰, 靳红梅

(1 江苏省农业科学院循环农业研究中心, 农业农村部种养结合重点实验室, 南京 210014)

摘要: 为了解江苏省‘苏翠 1 号’高产及中低产梨园土壤与叶片养分状况, 以期为梨园合理施肥提供科学依据, 分析测定了江苏省苏南、苏中、苏北 20 个‘苏翠 1 号’梨园的土壤理化性状及叶片营养, 并采用 R 语言“Vegan”程序包对‘苏翠 1 号’高产及中低产梨园的土壤和叶片养分含量进行了差异分析, 最后探究了梨园土壤养分与叶养分的相关性。将测定的梨园土壤及叶养分分别与梨园土壤养分最适标准值及梨叶片养分标准值进行了比较分析, 结果表明, 本研究中 90% 的梨园土壤 pH 在 5.6~7.2 的适宜范围内, 90% 的梨园土壤有机质含量处于适宜或丰富状态, 60% 的梨园土壤碱解氮含量不足, 40% 的梨园土壤有效钾缺乏, 而 85% 的梨园土壤出现了有效磷的富集。所测定梨园土壤交换性钙、镁含量丰富, 而缺乏土壤有效铁、锰、铜的果园比例分别为 15%、60% 和 25%。叶片缺乏氮、磷、镁、锰、铜的果园比例分别为 15%、65%、25%、25% 和 90%。土壤及叶养分的整体状况与果园地理位置及产量存在显著相关性。高产梨园土壤有机质、有效磷、有效铁、有效锰和有效铜含量均显著高于中低产梨园; 高产梨园叶片氮含量显著高于中低产梨园, 叶片磷和钾的含量显著低于中低产梨园。综上, 土壤有机质、有效磷、有效铁、有效锰、有效铜和叶片氮、磷、钾含量是高产梨园与中低产梨园养分差异的重要特征因子。本研究结果表明梨园施肥管理应将叶片营养诊断和土壤诊断相结合。

关键词: 梨; 土壤理化性状; 叶片养分; 养分评价; 养分差异分析

中图分类号: S158 **文献标志码:** A

Nutrient Differences in Soils and Leaves Between Yield-invigorating and -debilitating Pear Orchards of 'Sucui No.1' in Jiangsu Province

WANG Li, YE Xiaomei*, ZHANG Yingpeng, WANG Zichen, XI Yonglan, JIN Hongmei

(Recycling Agriculture Research Center, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Crop and Livestock Integration, Ministry of Agriculture and Rural Areas, Nanjing 210014, China)

Abstract: In order to understand the nutrient status in soil and leaf of yield-invigorating and -debilitating pear orchards of 'Sucui No.1' in Jiangsu Province and provide the scientific basis for reasonable fertilization of pear orchards, soil and leaf samples were collected and measured from 20 'Sucui No. 1' pear orchards in the south, middle, and north of Jiangsu Province and nutrients were analyzed by the "Vegan" package in R software. The correlation between the nutrients in soils and leaves, and the measured soil and leaf nutrients were compared with the corresponding optimum standard values of pear orchard. The results showed that 90% of the orchards were within pH appropriate range of 5.6 – 7.2, and 90% of the orchards were suitable or abundant in organic matter (>1%), and 60% and 40% of the orchards were insufficient in alkaline nitrogen and available potassium, respectively, and 85% of the orchards were rich in available phosphorus. All the orchards were rich in soil exchangeable calcium and magnesium, 15%, 60% and 25% of the orchards were insufficient in soil available iron, manganese and copper, respectively. 15%, 65%, 25%, 25% and 90% of leaves were insufficient in nitrogen, phosphorus, magnesium, manganese and copper, respectively. Soil and leaf nutrients were significantly correlated with the orchard location and pear yield. The contents of soil organic matter, available phosphorus, iron, manganese and copper in yield-invigorating pear orchards were significantly higher than those in yield-debilitating ones. Meanwhile, the leaf nitrogen in yield-invigorating pear orchards was significantly higher than in yield-

①基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(19)3094)资助。

* 通讯作者(yexiaomei610@126.com)

作者简介: 王莉(1985—), 女, 湖北荆州人, 博士, 助理研究员, 主要从事废弃物资源化与养分高效利用研究。E-mail: xhwangli@jaas.ac.cn

debilitating ones. In summary, contents of organic matter, available phosphorus, iron, manganese and copper in soil whereas contents of nitrogen, phosphorus, and potassium in leaves were different between yield-invigorating and -debilitating pear orchards, indicating that the diagnose of leaf nutrition and soil should be combined when fertilization regimes of pear orchards were constructed.

Key words: Pear; Physiochemical properties of soil; Leaf nutrient content; Nutrient evaluation; Nutrient difference analysis

我国是世界上最大的梨生产国,其栽种面积、产量及品种数量均居世界前列。梨也是江苏省第 2 大水果,其在苏南、苏中、苏北地区广泛种植。据统计,2018 年江苏省全省梨种植面积达 3.99 万 hm^2 ,产量约 70 万 t。‘苏翠 1 号’梨是由江苏省农业科学院果树研究所华酥梨为母本及翠冠梨为父本杂交选育的早熟砂梨,是江苏地区上市最早的梨品种,普遍在 7 月中上旬上市,不仅产量可观、外形美观、肉质细脆、汁多味甜^[1],价格更是一般梨品种的 3 ~ 5 倍以上,具有很好的经济效益。

目前梨园普遍存在过量施肥、养分管理不科学,进而导致梨树体营养失调、产量不稳定、果品品质下降等突出问题^[2-3]。平衡施肥是实现梨果绿色高质量生产的重要途径之一。而土壤理化性质影响土壤的固肥和供肥能力,且叶片是整个树体对营养元素反应最敏感的器官,在一定程度上能反映树体的营养状况与土壤中的养分利用效率。因此,探究土壤和叶片中适宜的养分含量及配比对提高梨果产量及品质极其重要^[4-6]。

尽管已有部分研究报道聚焦于高低产梨园土壤或者树体养分的含量差异。如柴仲平等^[7]通过叶营养诊断发现库尔勒市 20 a 树龄库尔勒香梨低产果园梨树叶养分不平衡指数较高,并通过诊断施肥综合法确定了其需肥顺序。魏雪梅和廖明安^[8]对金华梨的叶养分含量分析发现,高产园无明显缺肥现象,而低产园叶片缺乏磷、钾、锌、硼,并通过诊断施肥综合法确定了低产梨园需肥顺序。但此前研究未将梨园中的土壤养分测定与梨树叶养分诊断作为一个有机整体进行系统研究,从而导致得出的结论相对较孤立。此外,由于各地的生态气候条件不同,土壤类型及养分含量等差异较大,且施肥习惯也存在较大差异^[9-14]。因此,本研究拟通过采集江苏省‘苏翠 1 号’不同主产区梨园土壤和叶片样品,测定并评估土壤及叶片养分状况,分析高产与中低产梨园土壤理化和叶片养分的差异特征;并探究土壤理化与叶片养分含量之间的相关性,为梨园科学施肥提供一定的理论依据与指导。

1 材料与方法

1.1 高产及中低产梨园的划分

不同品种的梨树没有严格意义上高中低产量的划分,同一品种的梨在不同地区产量划分的标准也存在差异,已报道的文献中高低产的划分大多依据实际生产现状及当地产区平均水平^[8, 15-17]。本文依据产量、树龄、嫁接方式及当地梨园的平均水平,可将梨园粗略划分高产及中低产果园:3 a 生产量低于 4.5 t/hm^2 的梨园为中低产果园,反之则为高产果园;4 a 生产量低于 15 t/hm^2 时为中低产果园,大于或等于 15 t/hm^2 时划为高产;5 ~ 6 a 生(盛果期)产量低于 22.5 t/hm^2 时为中低产果园,反之则为高产果园;高接 3 a 及以上的梨树参照盛果期的标准进行中低产和高产果园划分。通过调研,本研究在江苏省苏南、苏中、苏北产区共选定高产及中低产梨园共 20 个,采集土壤及叶片样品各 80 个,测定分析土壤理化性状及养分含量状况。

1.2 梨园土壤及叶片取样

1.2.1 土壤样品取样 2019 年 7 月 20 日至 8 月 15 日(梨果刚采收结束后)在江苏省苏南、苏中、苏北选定的‘苏翠 1 号’梨园采集土壤及叶片样本,果园基本信息见表 1。采用“Z 字型”路线进行样品采集。在每棵梨树树冠投影约 2/3 的范围,避开施肥区域,用土钻采用“三角法”钻取 3 个点,取土深度为 0 ~ 30 cm,最后将 3 棵梨树所取的土壤样品混为一个样本,混匀后采用四分法保留约 1 kg 土样,每个果园采集土壤样本 4 个。土样室内风干后,去除植物根系、动物残体、碎石、贝壳等,分别过 20 目和 100 目筛后,自封袋密封保存,用于土壤基本理化性质的测定。

1.2.2 叶片取样 在采集土壤样品的同时进行相应梨树叶片的采集。在每棵梨树树冠外围中部不同方向(东、南、西、北)随机采集一年生新梢中部无损坏、无病虫害的梨叶片 20 片(带叶柄),每 3 棵树采集的叶片混合组成一个叶样品(60 片叶),一个果园采取 4 个重复样品。用冰袋将采集的叶片带回实验室,首先经清水冲洗,然后用去离子水洗净,吸干叶片表面水分,置于 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中杀青 30 min,然后在 65 $^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重,磨样后过 100 目筛用于叶养分含量的测定。

表 1 江苏省 20 个‘苏翠 1 号’梨园的基本信息情况
Table 1 Basic information of 20 ‘Su cui No.1’ pear orchards in Jiangsu Province

地区	采样点	株行距(m×m)	树龄(a)	产量约(t/hm ²)	产量类别
苏北	徐州市区	3×5	6	24	高产
苏北	丰县	3×5	3	4	中低产
苏北	丰县	3×5	3	6	高产
苏北	睢宁	1×3	4	30	中低产
苏北	睢宁	1×3	4	37.5	高产
苏北	铜山	3×5	4	7.5	中低产
苏北	铜山	3×5	4	6	中低产
苏北	铜山	3×5	15 a 树高接 4 a	24	高产
苏中	泰兴	3×5	6	27	高产
苏中	泰兴	3×5	6	21	中低产
苏中	白马	2×4	3	7.5	中低产
苏中	湖熟	2×4	4	15	高产
苏中	高邮	4×5	60 a 树高接 4 a	24	高产
苏中	高邮	4×5	60 a 树高接 4 a	25.5	高产
苏中	南京市区	3×5	4	14	中低产
苏南	张家港	3×5	12 a 树高接 3 a	24	高产
苏南	张家港	3×5	6 a 树高接 3 a	15	中低产
苏南	张家港	3×5	4	16.5	高产
苏南	高淳	3×5	16 a 树高接 4 a	22.5	高产
苏南	高淳	3×5	16 a 树高接 4 a	18	中低产

注：种植的‘苏翠 1 号’梨苗均为嫁接梨苗，树龄以嫁接苗种植后的年数计算；果树生产中为了更换品种，在已形成树冠的大树上进行的嫁接方法，一般在骨干枝的分支上部 20~30 cm 处用腹接、劈接或切接以及芽接等方法接上若干接穗。

1.3 土壤理化性状及叶养分含量的测定

土壤样品分别测定 pH、有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效铁、有效锰、有效铜、有效锌共 12 项指标。土壤 pH 采用电导法测定(水土比 2.5 : 1)，土壤有机质采用重铬酸钾-外加加热法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；有效磷采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定；速效钾采用 1 mol/L 醋酸铵浸提-火焰光度计法测定；土壤全氮采用加速剂-H₂SO₄ 消解-凯氏定氮法测定；交换性钙、镁采用 1 mol/L 醋酸铵浸提法测定，微量元素有效铁、锰、铜、锌测定采用二乙基三胺五乙酸-三乙醇胺(DTPA-TEA) 浸提法进行浸提测定，中微量元素均采用原子吸收火焰光度计进行测定^[12]。

叶片样品分别测定氮、磷、钾、钙、镁、铁、锌、铜及锰共 9 种矿质元素含量。梨叶样品经 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后，凯氏定氮法测定植株全氮含量，钒钼黄比色法测定梨叶片磷含量，火焰光度计法测定梨叶片钾含量；其他中微量元素钙、镁、铁、锰、铜及锌均采用马弗炉干灰分消解-原子吸收火焰光度法测定^[18]。

1.4 养分丰缺评定

本文土壤养分含量综合参考李美桂等^[19]和张玉星^[20]制定的梨土壤养分适宜标准值对其丰缺进行评定。梨树叶养分含量综合参考李港丽等^[21]和张玉星^[20]制定的梨叶片养分标准值对其丰缺进行评定。

1.5 数据处理

采用 SigmaPlot12.5 软件和 R 语言“Vegan”及“ggplot2”程序包对数据进行处理和绘图；采用 SPSS 统计分析软件对数据进行差异显著性检验(LSD 法， $\alpha=0.05$ ；非参数检验，Non-paired Wilcon test)和变异系数的计算。利用 R 语言“vegan”程序包计算土壤理化性状及叶片养分差异的非参数多因素方差分析。主坐标典型相关分析(canoical analysis of principal coordinates, CAP)是目前可以将组内差异效应最小化的一种降维分析方法，因此利用 R 语言“vegan”程序包进行土壤理化性状及叶片养分的限制性主成分特征分析并利用“ggplot2”程序包进行可视化。利用 R 语言“Vegan”程序包中“adnois”命令对土壤理化性状及叶片养分的不同分组划分进行非参数多因素方差分析(permutational multivariate analysis of variance,

PERMANOVA)。利用 R 语言“Vegan”程序包中“mantel”命令对土壤理化性状与叶片养分总体之间的相关性进行检验。采用 SPSS 软件进行土壤理化具体各因子与叶片各指标之间的两两 Pearson 相关性的计算。

2 结果与分析

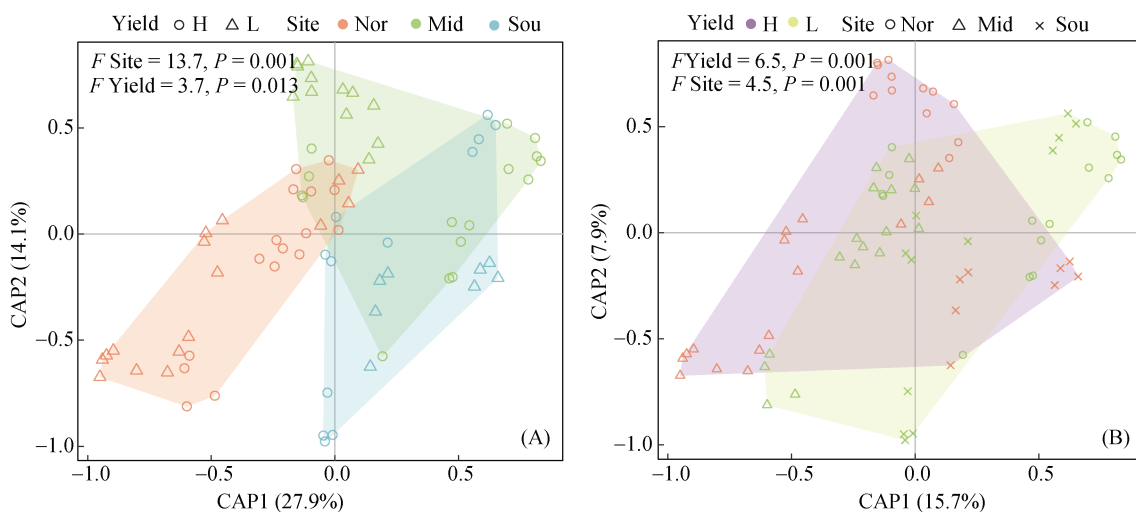
2.1 梨园土壤理化性状及叶片养分基本概况

土壤整体理化指标的主坐标典型相关分析(CAP)结果表明(图 1): 梨园土壤理化性状首先依据果园区域(苏南、苏中及苏北)明显区分, 高低产果园土壤理化性状也明显区分; 主坐标一(CAP1)及主坐标二(CAP2)分别解释了土壤理化性状的 27.9% 和 14.1% 的差异。叶片整体养分指标的 CAP 结果表明: 梨园叶片养分含量首先依据高低产果园明显区分, 果园区域也明显区分; 主坐标 CAP1 及 CAP2 分别解释了叶片养分含量的 15.7% 和 7.9% 的差异。土壤理化及叶养分整体差异的非参数多元方差分析结果表明, 果园采样区域是土壤理化性状差异的第一驱动因素, 而果园高低产是叶片养分含量差异的第一驱动因素。

通过对江苏省苏南、苏中、苏北‘苏翠 1 号’梨园的土壤基本理化性质进行分析, 结果显示梨园土壤 pH 范围为 5.2 ~ 7.5, 包含了酸性、中性及中性偏碱性的土壤类型。各果园有机质含量介于 6.8 ~ 35 g/kg, 变异系数为 39.9%。土壤中全氮含量变化范围为 0.6 ~ 4.6 g/kg, 变异系数为 69.5%, 土壤碱解氮含量为 24.4 ~ 76.6 mg/kg, 变异系数为 31%, 而有效磷、速效钾、交换性钙、交换性镁、有效铁、有效铜、有效锰、有

效硼含量变异系数均在 35.8% 以上(表 2)。梨园土壤养分丰缺评定结果表明, 90% 的梨园土壤 pH 在 5.6 ~ 7.2 的适宜范围; 90% 的梨园有机质处于适宜或丰富的状态; 约 60% 的梨园碱解氮缺乏, 40% 的梨园速效钾缺乏; 但 85% 的梨园土壤有效磷含量处于高量水平, 其中 55% 以上的果园其含量超过 100 mg/kg。对于中微量元素, 所有梨园交换性钙、镁都处于丰富状态; 而微量元素中有效铁、有效锰及有效铜存在不同程度的缺乏, 相应元素缺乏的梨园占比分别为 15%、60% 和 25%, 而土壤有效锌含量基本上处于适宜及高量水平。

通过对江苏省 20 个梨园的‘苏翠 1 号’梨叶片养分含量进行分析, 发现叶片氮含量变异系数最小, 仅为 9.1%; 磷、钾、钙及镁的变异系数为 20% 左右; 微量元素含量变异系数较大, 均超过 30%, 其中锌的变异系数最大, 达到 90% 左右(表 3)。梨叶养分丰缺评定结果表明, 约 70% 的梨园叶片氮含量处于适宜范围, 缺乏及处于高量水平的梨园占比均为 15%; 65% 的梨园叶片出现磷缺乏; 梨园叶片钾含量均处于 10 ~ 20 g/kg 的适宜范围内; 约 45% 的梨园叶片钙含量处于高量水平。此外, 25% 的梨园叶片镁含量处于缺乏状态, 而叶片钙含量均处于 10 ~ 25 g/kg 的适宜范围内。对于微量元素, 叶片中仅锰和铜存在缺乏状况, 锰和铜缺乏的梨园占比分别为 25% 和 90%; 而所有梨园叶片铁含量均处于高量范围, 约 40% 梨园叶片锰和 10% 梨园叶片锌含量处于高量范围。



(Yield: 产量; H: 高产梨园; L: 中低产梨园。Site: 采样位置; Nor: 苏北地区; Mid: 苏中地区; Sou: 苏南地区。CAP1: 主坐标一; CAP2: 主坐标二。F: 检验值; P: 显著性 P 值; 图中 F 值及 P 值为非参数多元方差分析 Adonis 的分析结果)

图 1 梨园整体土壤理化性状(A)和叶片养分含量(B)的主坐标典型相关分析

Fig. 1 Constrained analysis of proximities (CAP) of soil physiochemical properties (A) and leaf nutrients (B)

表 2 江苏省‘苏翠 1 号’梨园土壤养分状况及丰缺评价
Table 2 Soil physiochemical status and evaluation of ‘Sucui No.1’ pear orchards in Jiangsu Province

理化指标	范围	平均值±标准差	变异系数(%)	梨园土壤养分适宜含量 ^[13-14]	样品分布(%)		
					低量水平	适宜水平	高量水平
pH	5.2~7.5	6.7±0.5	7.4	5.6~7.2	5	90	5
有机质(g/kg)	6.8~35	18.5±7.4	39.9	10~25	10	75	15
全氮(g/kg)	0.6~4.6	1.5±1.1	69.5	0.5~1.3	0	60	40
碱解氮(mg/kg)	24.4~76.6	53.1±16.5	31	60~130	60	40	0
有效磷(mg/kg)	12~280.4	123.9±77.5	62.6	10~40	0	15	85
速效钾(mg/kg)	26.9~233.6	99.6±55.7	55.9	65~200	40	55	5
交换性钙(g/kg)	3.2~12.8	7.1±2.87	40.42	0.2~1.4	0	100	0
交换性镁(mg/kg)	194~762	499±184	36.81	40~100	0	0	100
有效铁(mg/kg)	2.1~76.2	24.2±21.2	87.62	1~4	15	85	0
有效锰(mg/kg)	2.7~51.8	13±15.6	119.6	1~4	60	40	0
有效铜(mg/kg)	0.1~13.5	2.6±3.6	138.3	10~250	25	65	10
有效锌(mg/kg)	1.7~6.1	3.4±1.4	41.5	7~100	0	70	30

表 3 江苏省‘苏翠 1 号’梨园叶片养分状况及丰缺评价
Table 3 Leaf nutrient status and evaluation of ‘Sucui No.1’ pear orchards in Jiangsu Province

养分指标	范围	平均值±标准差	变异系数(%)	梨园叶片养分含量适宜值 ^[14-15]	样品分布(%)		
					低量水平	适宜水平	高量水平
N(g/kg)	17.4~25.5	22±2.01	9.1	20~24	15	70	15
P(g/kg)	0.68~1.66	1.14±0.25	22.3	1.2~2.5	65	35	0
K(g/kg)	10.1~17.1	12.9±2.1	16.4	10~20	0	100	0
Ca(g/kg)	12~30	24±4.4	18.1	10~25	0	55	45
Mg(g/kg)	1.9~3.6	2.8±0.47	16.8	2.5~8	25	75	0
Fe(mg/kg)	196~560	328.0±104	31.8	96~168	0	0	100
Mn(mg/kg)	20.3~191	65.7±44	67	30~60	25	35	40
Cu(mg/kg)	1.1~7.8	3.9±1.9	48.6	6~50	90	10	0
Zn(mg/kg)	21.9~244	52.4±47.4	90.5	20~60	0	90	10

2.2 高产及中低产梨园土壤理化性状及叶片养分含量的差异分析

梨园土壤理化性状各因子的盒形图及非配对威尔考克森检验(non-paired Wilcon test)结果表明(图 2): 高产梨园土壤有机质、有效磷、有效铁、有效锰及有效铜含量均显著高于中低产梨园($P<0.05$), 而 pH 显著低于中低产梨园。速效钾、碱解氮、全氮、有效钙、有效镁及有效锌含量在高、中低产梨园间无显著差异。高产梨园有机质、有效磷、有效铁、有效锰和有效铜平均含量分别为 20.0 g/kg、139 mg/kg、30.4 mg/kg、15.5 mg/kg 和 3.7 mg/kg, 而中低产梨园平均含量分别为 16.6 g/kg、104 mg/kg、17.6 mg/kg、10.0 mg/kg 和 1.3 mg/kg, 高产梨园有机质、有效磷、有效铁、有效锰和有效铜平均含量比中低产梨园分别高 33.4%、72.6%、55.0%、171.2%、33.4%; 但高产梨园 pH 仅比中低产梨园低 3.8%。

梨园叶片养分含量各因子的盒形图及非配对威尔考克森检验见图 3。高产梨园叶片氮平均含量显著高于中低产梨园叶片, 而磷、钾平均含量显著低于中低产梨园叶片($P<0.05$)。钙、镁、锌、铜、铁及锰平均含量在高、中低产梨园间无显著差异。其中, 高产梨园叶片氮平均含量为 22.8 g/kg, 而中低产梨园叶片氮平均含量为 21 g/kg, 高产梨园叶片氮平均含量比中低产梨园高 8.7%; 高产梨园叶片磷和钾的平均含量分别为 1.1 和 12.4 g/kg, 而中低产梨园叶片磷和钾的平均含量分别为 1.3 和 13.5 g/kg, 高产梨园叶片磷、钾平均含量比中低产梨园分别低 18.8% 和 9.6%。

2.3 梨园土壤理化性状和叶片养分的相关性

梨园叶片与土壤理化性状整体之间的蒙特尔相关性分析结果表明, 梨园叶片测定的养分含量与土壤理化性状之间存在显著相关性($r = 0.245$, $P = 0.001$)。

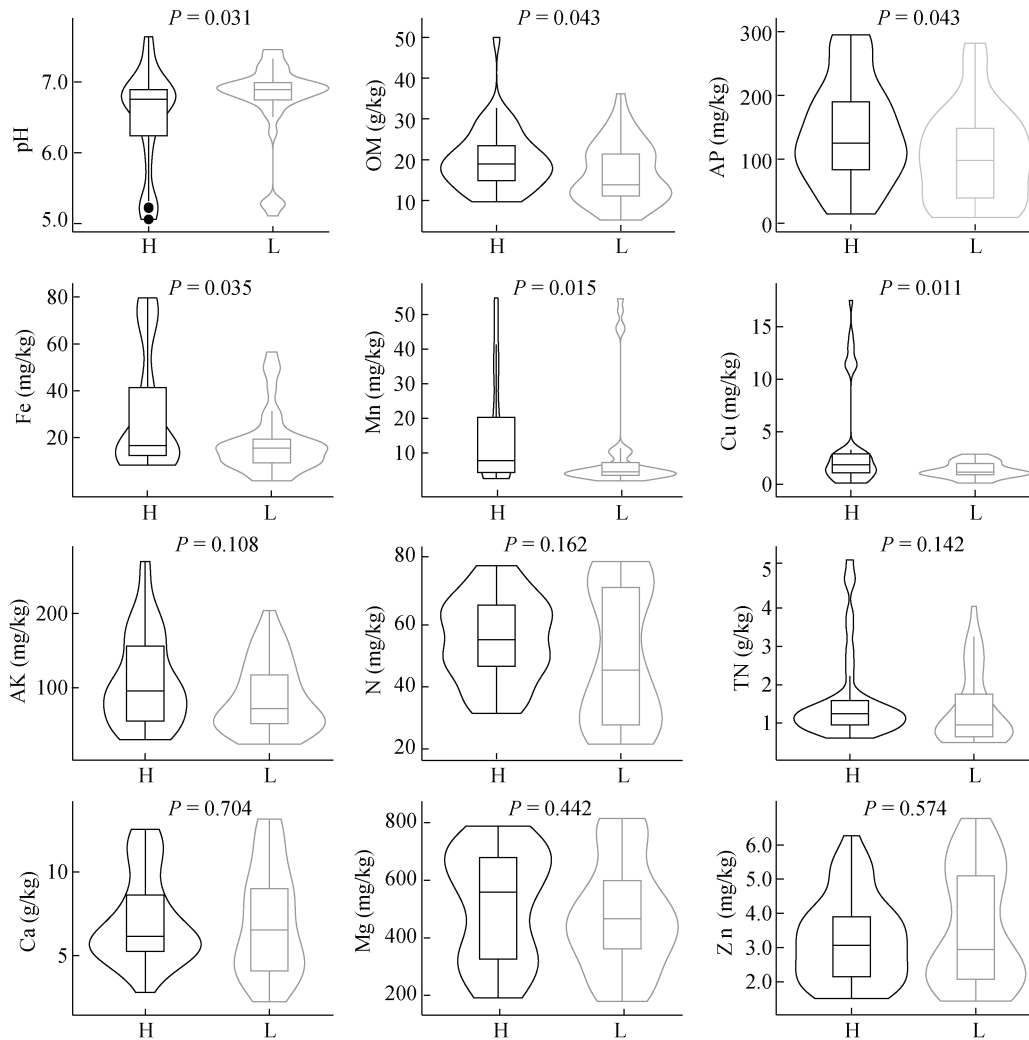
叶片各养分含量与土壤各理化性状的 Pearson 相关性分析结果表明(图 4): 叶片钾含量与土壤中速效钾含量呈显著正相关关系, 而与土壤 pH 呈显著负相关关系; 叶片中铁含量与土壤有效铁含量呈显著正相关关系; 叶片中锌含量与土壤有效锌的含量也呈显著正相关关系, 而与土壤 pH 呈极显著负相关。叶片中氮、磷、镁、铁、铜及锌含量与土壤有机质含量呈正相关。其中叶片镁和锌含量与土壤有机质含量分别呈显著和极显著正相关。

3 讨论

在水果生产提质增效过程中, 探明土壤和叶片养分的丰缺情况是果树科学施肥的基础。果园土壤基本

理化性质可以反映土壤有效态养分的供应水平, 叶片养分分析可以指征树体生长过程中营养状态。将二者综合分析, 可以帮助判断某些缺素症是由于土壤中缺乏该营养元素, 还是由于树体对该元素的吸收、运转、分配的不协调所致^[22-25]。

分析测定结果显示, 江苏省‘苏翠 1 号’梨园土壤 pH、有机质及全氮含量普遍处于适宜范围, 而有效磷含量处于高量或过量状态, 速效氮及速效钾含量普遍处于缺乏状况。江苏省‘苏翠 1 号’梨园土壤中有效磷含量较高的原因可能与果农施肥养分配比不科学有关。果农普遍大量施用 1:1:1 型氮磷钾复合肥(15-15-15), 与梨树的氮磷钾需求规律(1:0.5:1)不匹配^[3], 导致供磷过量; 而且磷素在土壤中极易被固定, 移动



(H: 高产梨园; L: 中低产梨园; OM: 有机质; AP: 有效磷; Fe: 有效铁; Mn: 有效锰; Cu: 有效铜; AK: 速效钾; N: 速效氮; TN: 全氮; Ca: 交换性钙; Mg: 交换性镁; Zn: 有效锌; 图形中盒图为所调研高产及低产梨园土壤养分整体概况, 盒图外侧的小提琴图案宽细则代表了各高产及低产园整体分布频次高低, 下同)

图 2 高产及中低产梨园土壤所测定理化性状含量盒图

Fig. 2 Boxplots of measured soil physiochemical properties of yield-invigorating (H) and -debilitating (L) pear orchards

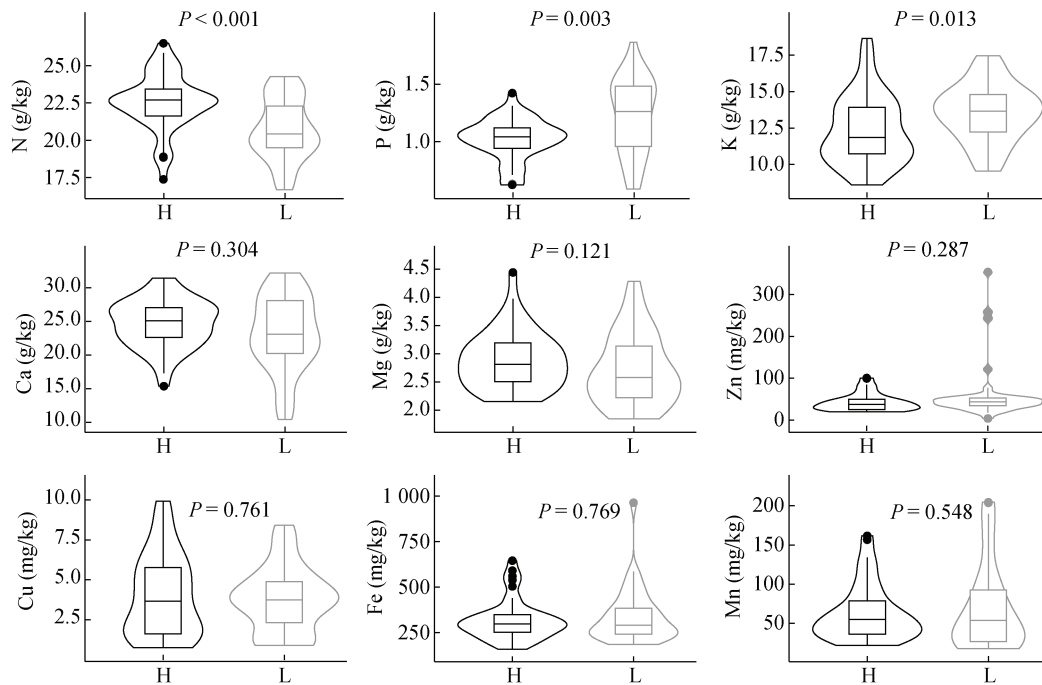
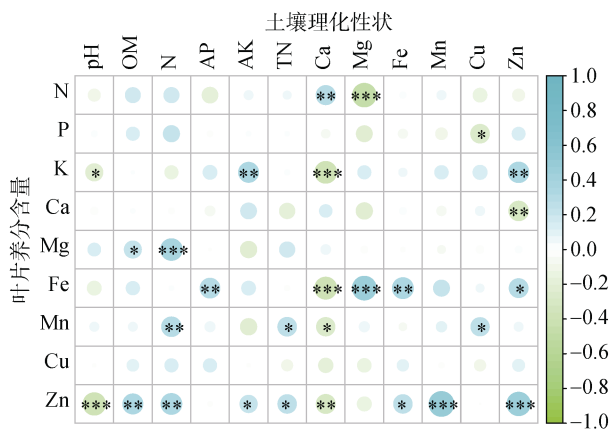


图 3 高产及中低产梨园叶片所测定养分含量盒图

Fig. 3 Boxplots of measured leaf nutrients of yield-invigorating (H) and -debilitating (L) pear orchards



(热图中颜色由黄绿色至天蓝色代表相关性系数为 -1~1。*、**、*** 分别表示相关性达到 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 和 $P<0.001$ 显著水平)

图 4 梨园土壤理化性状和叶片养分的相关性热图

Fig. 4 Heatmap of correlation coefficients between soil physiochemical properties and leaf nutrients of pear orchards

性差,当季有效利用率低,因此梨园土壤磷素易累积。而土壤中速效氮、速效钾的缺乏除了与挥发、径流损失、淋溶损失等有关,可能还与本研究的采样时间有关。本研究土壤样本采集于梨果采收后,采样前树体及梨果生长发育过程中对土壤速效氮及速效钾的吸收与截取可能也是氮钾含量缺乏的原因之一。此外,梨园有效铁、锰及铜含量存在不同程度的缺乏,可能是因为江苏省梨园土壤中有效磷含量高,微量元素直接施用到土壤中易被固定,有效性差。因此,微量元素宜采用叶面喷施的方式进行补充。目前几乎所有的

梨园土壤养分及叶养分丰缺状况的研究均参考李美桂等^[19]和张玉星^[20]基于南方红壤或北方石灰性土壤上早熟砂梨或鸭梨所建立的梨园养分标准适宜值,但不同区域、不同土壤类型、不同品种之间梨园土壤养分及叶营养实际测定值与参考标准间存在一定差异,表明不同产区不同品种间梨园土壤养分及叶营养标准适宜值仍需进一步优化。

本研究发现高产梨园土壤有机质和有效磷含量显著高于中低产梨园。刘茂秀等^[25]报道库尔勒香梨产量与土壤有机质、有效磷含量显著正相关。土壤有机质含量的增加和质量的提高有助于土壤团聚体结构的形成和稳定性的增加,对土壤肥力提升具有明显的改善作用,因而对作物产量及品质提高具有明显的作用^[26]。本研究中高产梨园土壤中微量元素铁、锰、铜的有效含量显著高于中低产梨园土壤中相关元素含量。罗洮峰等^[15]的研究结果也显示库尔勒垦区高产香梨园耕作层土壤中有效铁、有效锌含量显著高于低产园。果实生长所需要的各种营养直接来源于树体,叶营养与产量之间也存在显著的相关性。安贵阳等^[27]研究发现,高产果园叶片氮含量显著高于低产苹果园,而叶片磷和钾的含量显著低于低产果园。本研究结果与之类似,可能是因为高产园区梨果形成过程中从叶片中带走了更多的磷和钾。因此,本研究结果表明,梨园土壤中增施有机肥和微肥对于提升土壤有机质、增加果实产量具有重要的意义。

除了叶片根外追肥,叶片矿质营养元素主要来源于土壤,因此,叶片矿质营养元素和土壤营养元素之间存在着一定程度的相关性,这种相关性是指导果树进行科学施肥的重要依据。魏雪梅等^[17]研究发现,金塔梨土壤与叶养分之间存在一定的关系,如梨园土壤与叶片中钾的含量呈正相关关系。与之类似,本研究中高产梨园叶片钾含量显著低于中低产梨园的钾含量,且与土壤中速效钾含量呈显著正相关关系,而叶片中氮磷含量与土壤中氮磷含量无显著相关性。贾兵等^[28]在安徽沙壤土砀山酥梨梨园的研究和任爱华^[9]对黑龙江省梨主产区梨园的研究均表明梨园土壤中营养元素与叶片中相应的营养元素含量相关性不显著。因此,果树中叶养分与土壤养分之间的关系比较复杂,不能单一地依据土壤或叶片中养分的丰缺来确定相应叶片和土壤中养分的丰缺。尽管有研究表明树龄、嫁接方式等对梨园土壤养分及叶片营养有一定的影响^[11],在研究过程中通过配对比较的方式减少树体管理模式对研究结果的影响,但考虑到本研究样本数量有限,仍需进一步通过大样本数据验证树体管理模式对土壤及叶片养分的影响。

4 结论

综上,江苏省‘苏翠 1 号’梨园土壤 pH、有机质及全氮含量普遍处于适宜范围,而有效磷含量处于高量或过量的状态,碱解氮及速效钾含量普遍处于缺乏状况。江苏省‘苏翠 1 号’梨园土壤有机质、速效钾、有效铁、有效锰、有效铜及叶片氮、磷、钾养分含量是影响江苏省‘苏翠 1 号’梨果产量的关键因子。土壤中速效钾、有效铁、有效锌含量与叶片中相应的养分含量显著相关。在园区施肥管理时,应适当减少磷肥的施用,氮肥及钾肥应依据梨树的养分需求规律,增加施肥次数,减少单次的施用量,且应该注重钾肥的补充,而微量元素采用叶面喷施的方式施用。

参考文献:

[1] 陈刚. ‘苏翠 1 号’梨的品种特性及生长季修剪技术[J]. 山西果树, 2018(6): 35–36.
 [2] 马双艳, 李超, 赵昌杰. 梨园养分管理现状与研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(9): 182–185.
 [3] 董彩霞, 姜海波, 赵静文, 等. 我国主要梨园施肥现状分析[J]. 土壤, 2012, 44(5): 754–761.
 [4] 郝荣兰. 分析氮磷钾配比施肥对玉露香梨果实品质的影响[J]. 农业与技术, 2019, 39(21): 44–45.
 [5] 曹刚, 赵明新, 毕淑海, 等. 平衡施肥对荒漠区黄冠梨生长与品质的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(8): 2477–2484.

[6] 冯大兰, 王玉书, 黄小辉, 等. 不同施肥处理对梁平柚产量、品质和土壤肥力的影响[J]. 土壤, 2020, 52(2): 300–306.
 [7] 柴仲平, 王雪梅, 陈波浪, 等. 基于库尔勒香梨叶片营养分析的诊断施肥综合法标准研究[J]. 北方园艺, 2014(2): 29–33.
 [8] 魏雪梅, 廖明安. 金塔梨叶片营养诊断分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8549–8551.
 [9] 任爱华. 黑龙江省梨主产区土壤和树体营养状况研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
 [10] 吴中营, 王东升, 张四普, 等. 河南省‘黄金梨’园土壤和叶片养分状况调查分析[J]. 园艺学报, 2014, 41(S): 2599.
 [11] 侯岑. 梨树矿质元素分布特征及营养诊断研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
 [12] 宋瑞娟. 黄河流域主要梨园土壤养分及树体营养丰缺状况分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
 [13] 宋晓晖, 谢凯, 赵化兵, 等. 环渤海湾地区主要梨园树体矿质营养元素状况研究[J]. 园艺学报, 2011, 38(11): 2049–2058.
 [14] 白牡丹, 郝国伟, 张晓伟, 等. 山西省梨主产区梨园土壤养分和叶片营养的调查研究[J]. 农学学报, 2019, 9(12): 23–27.
 [15] 罗洮峰, 李永丰, 宋文, 等. 库尔勒垦区不同产量香梨园土壤养分及叶片营养元素与产量相关性的分析[J]. 新疆农垦科技, 2018, 41(5): 40–43.
 [16] 马建江, 罗洮峰, 李永丰. 库尔勒香梨园土壤养分与香梨产量的关系研究[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(4): 635–640.
 [17] 魏雪梅, 廖明安, 周廷国, 等. 金塔梨叶片营养与土壤养分之间的相关性研究[J]. 现代园艺, 2008(9): 4–6.
 [18] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
 [19] 李美桂, 谢文龙, 谢钟琛, 等. 早熟砂梨矿质营养适宜值研究[J]. 果树学报, 2008, 25(4): 473–477.
 [20] 张玉星. 果树栽培学各论: 北方本[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
 [21] 李港丽, 苏润宇, 沈隽. 几种果树叶内矿质元素含量标准值的研究[J]. 园艺学报, 1987, 14(2): 81–89.
 [22] 黄春辉, 曲雪艳, 刘科鹏, 等. ‘金魁’猕猴桃园土壤理化性状、叶片营养与果实品质状况分析[J]. 果树学报, 2014, 31(6): 1091–1099.
 [23] 黄振东, 王鹏, 徐建国, 等. 浙东地区‘红美人’杂柑果实品质与土壤和叶片养分的关系[J]. 果树学报, 2020, 37(1): 88–97.
 [24] 曹胜, 欧阳梦云, 周卫军, 等. 湖南省柑橘园土壤营养状况及其对叶片养分的影响[J]. 土壤, 2019, 51(4): 665–671.
 [25] 刘茂秀, 史军辉, 王新英. 库尔勒香梨土壤主要养分与产量关系的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2018(1): 140–145.
 [26] 周萌, 肖扬, 刘晓冰. 土壤活性有机质组分的分类方法及其研究进展[J]. 土壤与作物, 2019, 8(4): 349–360.
 [27] 安贵阳, 范崇辉, 杜志辉, 等. 苹果叶营养元素含量的影响因素分析[J]. 园艺学报, 2006, 33(1): 12–16.
 [28] 贾兵, 衡伟, 刘莉, 等. 砀山酥梨叶片矿质元素含量年变化及其相关性分析[J]. 安徽农业大学学报, 2011, 38(2): 212–217.