

河北省主要苹果产区土壤养分状况与演变

郭巨秋, 刘建玲*, 谢 娇, 吴 晶, 郭玉冰, 孙志明

(河北农业大学资源与环境科学学院, 河北 保定 071000)

摘 要: 通过对河北省主要果园产区的土壤养分测定、定位监测等方法, 研究了河北省土壤养分现状与动态变化及其养分在 0 ~ 60 cm 土壤剖面的分布特点, 旨在为苹果的科学施肥提供理论依据。主要结果: 河北省主要苹果园 0 ~ 20 cm 土壤全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌平均含量分别为 1.16 g/kg、17.99 g/kg、118.26 mg/kg、329.70 mg/kg、15.33 mg/kg、3.69 mg/kg, 同比于第二次土壤普查时期, 各养分含量分别增加了 0.43 g/kg、6.49 g/kg、111.96 mg/kg、201.50 mg/kg、7.13 mg/kg、3.16 mg/kg。有机质及养分含量分布: 基于第二次土壤普查分级标准, 土壤有机质在 10.00 ~ 20.00 g/kg 的果园占 60.3%, 处于较低水平; 全氮在 1.00 ~ 1.50 g/kg 果园占 44.5%, 处于中等水平; 有效磷 >40.00 mg/kg、速效钾 >200.00 mg/kg 分别占 78.5%、61.8%, 均处于较高水平。随着果园种植时间的增加, 果园土壤养分含量均呈直线增加趋势, 有效磷和速效钾积累速率显著高于全氮、有机质、有效铁、有效锌的增加速率。土壤养分空间分布特点: 土壤养分以 0 ~ 20 cm 积累为主, 定位实验 31 年的果园中 20 ~ 40 和 40 ~ 60 cm 土层土壤有机质、有效磷、速效钾分别相当于 0 ~ 20 cm 的 50.8%、59.8%、74.0% 和 42.3%、27.0%、55.9%。在种植年限为 30 ~ 40 年的果园中, 土壤 pH 明显降低, 其 0 ~ 20、20 ~ 40、40 ~ 60 cm 土层土壤 pH 值较小于 10 年果园分别下降 1.09、0.41、0.27 个单位。主要结论: 苹果园土壤有效磷、速效钾积累与树龄呈直线相关, 且土壤有效磷、速效钾增幅显著高于土壤有机质、有效铁、有效锌的增幅, 是导致土壤养分失衡的主要原因; 建议增施有机肥、配合适量铁肥和锌肥平衡果园土壤养分以逐渐提高果园土壤供肥生产能力。

关键词: 苹果园; 土壤养分现状; 变化; 影响因素

我国苹果产量居世界前列, 栽培面积达到世界栽培面积的 42%, 河北省是我国苹果主产区之一, 太行山和燕山的丘陵、山前平原区是河北省优质苹果主产区, 苹果栽培历史悠久, 苹果的优质高产对河北省农业经济的发展起到了重要促进作用^[1-2]。

气候、地形地貌、土壤母质、土壤中养分含量及养分间的平衡状况, 尤其是土壤有机质含量是影响耕地地力及果园土壤供肥能力的重要因素, 这些因素对果树的产量和品质有重要影响。施肥主要影响土壤中养分含量, 尤其是土壤速效性氮磷钾含量。不科学施肥对土壤质量有显著影响, 近年来苹果生产盲目大量施肥问题严重。已有资料表明, 苹果园普遍存在氮磷钾化肥使用量过高的问题。陕西苹果园氮肥投入过量比例均大于 95%, 钾肥投入均在过量水平以上^[3]; 王小英等^[4]调查苹果园

化肥施用现状发现, 陕西省内氮肥投入过量比例占 72%, 有 50% 果园磷肥投入过量。河北省高产果园 N、P₂O₅、K₂O 养分投入量分别达到果树需肥量的 2.4 ~ 3.0、0.9 ~ 1.2、4.4 ~ 5.1 倍^[5]。过量施用化肥凸显土壤养分失衡、酸化、硝酸盐、非点源氮磷的环境风险问题^[6]。大量施用氮肥降低果树对钾、钙元素的吸收, 土壤磷素积累则会降低土壤中微量元素的有效性, 土壤速效钾过高也会影响果树对钙、镁元素的吸收, 从而导致果树的生理性缺素^[7]。

气候、地形地貌、土壤母质和人为施肥等是影响土壤发育的主要因素, 母质因素对土壤质地、中微量元素供给能力等起到重要作用^[8-9]。土壤养分状况是果园科学合理施肥的重要依据, 已有资料多为土壤养分现状、基于施肥量和苹果产量需肥量理论上计算的氮磷钾的供需比值。而关于不同区域果园养分状况及长期土壤养分定位监测研究果园土壤养分动态变化及土体分布特点等资料尚少。基于上述问题, 本文通过大面积测定河北省不同区域代表性土壤养分现状, 果园土壤养分的长期定位监测系

收稿日期: 2019-12-28; 录用日期: 2020-01-23

基金项目: 河北省科技厅重点研发计划项目 (18227510D)。

作者简介: 郭巨秋 (1993-), 男, 河北保定市人, 硕士, 主要研究新型肥料开发与高效施肥。E-mail: 706615630@qq.com。

通讯作者: 刘建玲, E-mail: jlliu@hebau.edu.cn。

统研究土壤养分演变、剖面养分分布特点,从而为河北省苹果生产中科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 取样地点基本概况

保定市顺平县代表太行山苹果主产区气候、地貌和土壤母质等基本状况,秦皇岛市青龙满族自治县、抚宁县代表了燕山丘陵区,廊坊三河市代表了燕山山前平原区。

4区域均为暖温带季风大陆性气候,顺平、三河、抚宁、青龙县平均气温分别为12.2、11.1、10.1、7.9℃,年均降水量分别为578.0、617.4、730.7、715.6 mm。

1.2 研究方法

1.2.1 果园土壤养分定位监测点

定位取样:土壤养分定位监测的果园20个,位于河北省保定市顺平县苏家疃村(北纬38°51′~38°53′,东经115°7′~115°8′)和阳各庄村(北纬38°53′~38°54′,东经115°6′~115°7′)。两个村果园均为1987年定植红富士苹果(实生砧木),株间、行间距为3 m×5 m。分别于1993、2003^[5]、2018年苹果收获后(10月中旬~11月中旬)定位取土,测定土壤的养分变化和0~60 cm土体养分状况。

土壤类型:潮褐土。

果园土壤养分现状测定:顺平、青龙、抚宁、三河果园样点数分别为:100(包括上述土壤养分定位监测20个样点)、97、102、101个。2018年10月中到11月中旬取样,样点位置在树冠投影外缘,分别取0~20、20~40、40~60 cm土壤,每

个果园选取3个取样点,3个样点土样混合为一个样品。在所有样品中选取小于10年树龄、10~20、20~30、30~40年树龄样本各25个。

1.2.2 测定指标及方法

测定项目:土壤全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌等,测定方法参考《土壤农化分析》^[10]。

1.3 数据来源

第二次土壤普查时期(1980~1985年)的土壤养分数据来源于河北省土壤志^[11]、保定市土壤志^[12]、秦皇岛市土壤志^[13]、青龙县土壤志^[14]、抚宁县土壤志^[15]、三河县土壤志^[16]。

1.4 数据处理

采用Excel 2007及SPSS 19.0对数据进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 苹果园0~20 cm土层土壤养分现状与变化

河北省苹果园0~20 cm土层土壤养分现状与变化如表1所示,结果表明:苹果园0~20 cm土壤全氮含量在0.40~2.94 g/kg之间,平均值为1.16 g/kg,相比于全国第二次土壤普查高出0.43 g/kg,增长58.9%。全省苹果园有机质含量变幅在5.98~36.62 g/kg,平均值为17.99 g/kg,较第二次土壤普查高出6.49 g/kg,增长56.4%;有效磷含量变幅在5.43~474.87 mg/kg,平均含量为118.26 mg/kg,较第二次土壤普查高出111.96 mg/kg,增长幅度达到二次普查时期的17.8倍;速效钾含量变化幅度在21.09~866.03 mg/kg,平均含量为329.70 mg/kg,较二次土壤普查时期高出201.7 mg/kg,较

表1 不同地区苹果园0~20 cm土壤养分现状

取样地点	全氮(g/kg) 均值/变幅	有机质(g/kg) 均值/变幅	有效磷(mg/kg) 均值/变幅	速效钾(mg/kg) 均值/变幅	有效铁(mg/kg) 均值/变幅	有效锌(mg/kg) 均值/变幅
抚宁	1.14 0.40~2.94	17.50 6.50~36.21	113.79 9.88~353.78	245.42 34.75~866.03	18.47 3.61~42.16	2.41 0.35~10.60
青龙	1.18 0.69~2.06	19.37 10.80~36.62	56.96 5.43~160.63	215.49 21.09~673.51	20.02 3.59~49.46	2.44 0.41~7.89
顺平	1.11 0.50~1.75	15.61 5.98~23.69	166.46 11.34~474.84	465.21 111.35~772.01	11.28 2.29~21.03	3.96 0.45~10.26
三河	1.21 0.62~2.10	19.48 8.40~23.20	135.85 37.61~430.54	392.70 66.25~531.86	11.54 2.12~22.03	5.97 0.62~10.57
2018年	1.16	17.99	118.26	329.70	15.33	3.69
1980~1985年	0.73	11.50	6.30	128.20	8.20	0.53

二次普查时期增长 1.6 倍;有效铁含量变幅在 2.12 ~ 49.46 mg/kg, 平均含量为 15.33 mg/kg, 较第二次土壤普查高出 7.13 mg/kg, 高出第二次土壤普查 87.0%;有效锌含量变化幅度在 0.35 ~ 10.60 mg/kg, 平均含量为 3.69 mg/kg, 较第二次土壤普查高出 3.16 mg/kg, 比第二次土壤普查时增长 6.0 倍。

抚宁、青龙、三河、顺平 0 ~ 20 cm 土壤中有有效磷与有效锌含量的比例分别为 47.2 : 1、23.3 : 1、22.8 : 1、42.0 : 1。全省有效磷与有效锌的比例平均为 32.0 : 1, 较全国第二次土壤普查时的 11.9 : 1 有不同程度增长。

基于第二次土壤普查分级标准, 对河北省果园土壤养分含量进一步分析, 果园有机质与养分含量频率分布如图 1 所示, 结果表明: 苹果园

0 ~ 20 cm 土层中全氮平均含量处于中等水平, 全氮含量处于较缺与中等水平的果园分别占 25.5% 和 44.5%, 处于极缺与丰富水平的果园占比极低, 分别为 1.5% 和 3.5%。苹果园有机质平均含量处于较缺水平, 处于较缺与中等水平的果园分别为 60.3% 和 21.8%, 处于极缺水平的果园仅占 0.8%, 较丰富及以上果园占 9.8%。有效磷含量普遍偏高, 其中有 78.5% 的果园有效磷含量为丰富水平, 较丰富水平的果园占 11.8%, 中等水平果园占 7.8%, 仅有 2.0% 的果园中有效磷含量在较缺水平及以下。速效钾含量在丰富水平以上的果园占 61.8%, 中等或较丰富水平果园占 24.3%, 较缺水平的果园占 12.5%, 仅有 1.6% 的果园速效钾含量在缺失及以下水平。

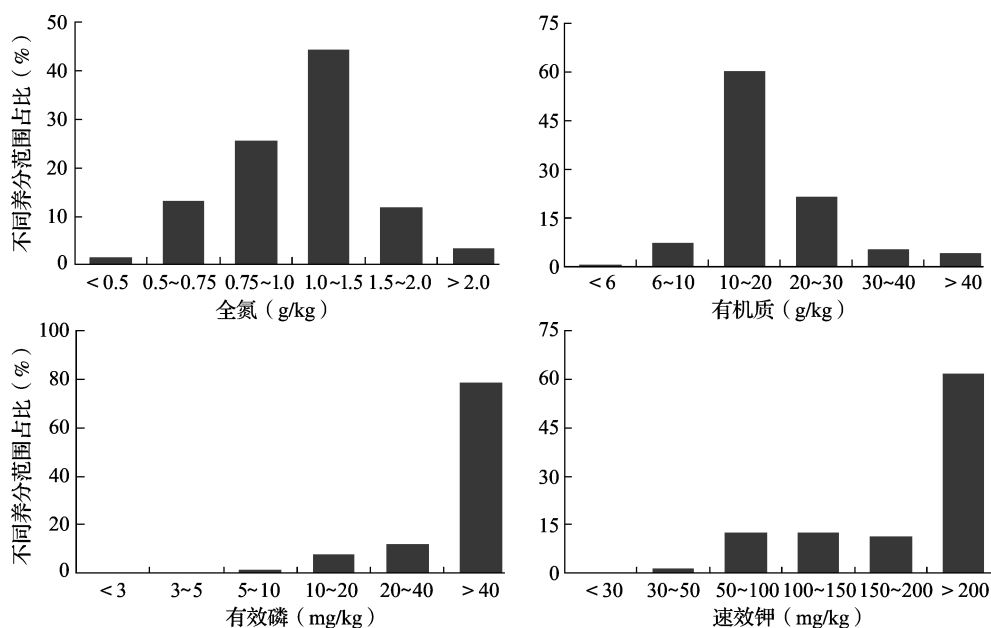


图 1 土壤全氮、有机质、有效磷、速效钾含量的频率分布

2.2 定位果园土壤养分在 0 ~ 60 cm 土体的空间分布状况

定位果园 0 ~ 60 cm 土层养分剖面分布如图 2 所示, 结果表明: 果园中 20 ~ 40、40 ~ 60 cm 土层全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌含量占 0 ~ 20 cm 养分含量的比重随着土层深度的增加逐渐减少。其中, 小于 10 年树龄的果园 20 ~ 40、40 ~ 60 cm 土层土壤全氮、有机质、有效磷、速效钾平均含量分别相当于 0 ~ 20 cm 土层的 68.0%、59.0%、47.3%、77.1% 和 60.0%、50.0%、

29.7%、65.0%; 果园种植 10 ~ 20 年的果园, 20 ~ 40、40 ~ 60 cm 土层中全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌分别相当于 0 ~ 20 cm 土层的 56.1%、51.2%、53.7%、83.9%、39.6%、13.3% 和 48.8%、45.4%、27.4%、24.3%、26.9%、10.0%; 大于 30 年果园 20 ~ 40、40 ~ 60 cm 土层中全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌分别相当于 0 ~ 20 cm 土层的 64.4%、50.8%、59.8%、74.0%、44.9%、29.4% 和 52.5%、42.3%、27.0%、55.9%、27.9%、12.6%。

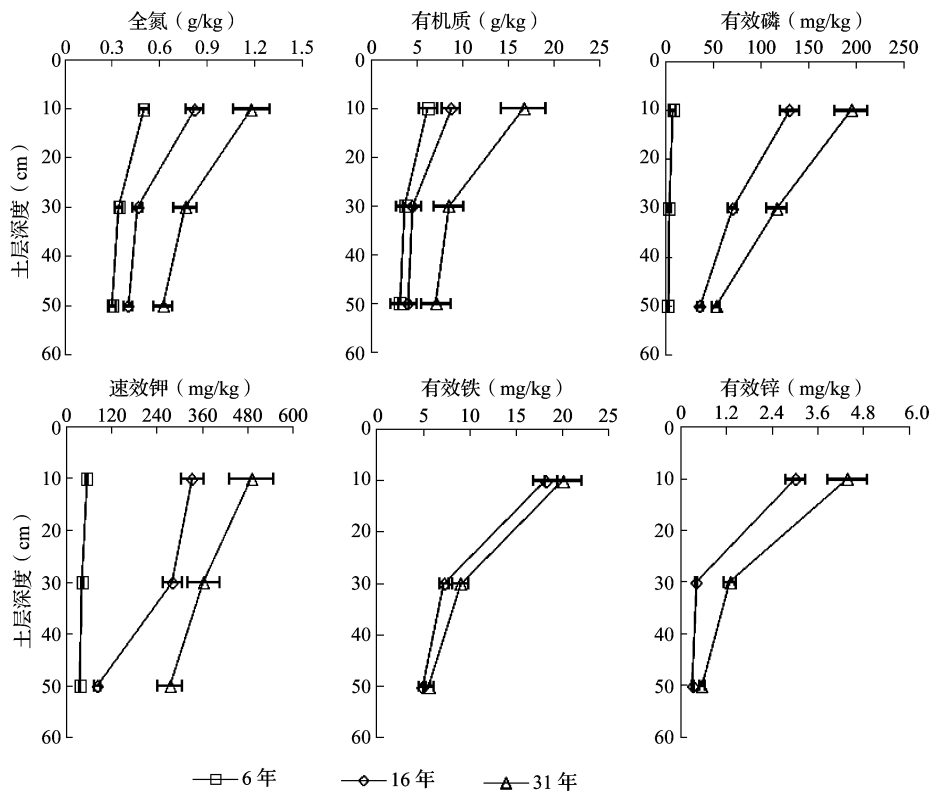


图2 不同年限下果园0~60 cm土层中土壤养分及微量元素剖面分布

2.3 土壤养分的动态变化及相关性

土壤养分的动态变化如表2所示,结果表明:土壤全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌含量随种植年限的增加呈直线上升趋势,不同种植年限果园中,种植时间为30~40年的果园中0~20 cm土层土壤全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌平均含量比种植小于10年的果园分别高出1.48 g/kg、13.89 g/kg、111.82 mg/kg、278.32 mg/kg、14.34 mg/kg、3.39 mg/kg,各养分年均增长量分别约为0.05 g/kg、0.46 g/kg、3.73 mg/kg、9.28 mg/kg、0.48 mg/kg、0.11 mg/kg。

表2 苹果园0~20 cm土层各养分含量与种植时间的关系

养分	方程	R ²
全氮	y=0.049 9x+0.498 8	0.992 8
有机质	y=0.443 3x+7.602 2	0.970 8
有效磷	y=3.90x+30.57	0.960 5
速效钾	y=9.72x+82.76	0.936 8
有效铁	y=0.46x+5.641	0.96
有效锌	y=0.11x+0.541	0.96

不同土层中有机质含量与各养分含量的相关关系如表3所示,结果表明:果园0~40 cm土层土

壤中有机质含量与全氮含量呈极显著相关关系,与有效铁、有效锌含量呈显著相关关系,在0~20 cm土层土壤中有有机质与有效磷及速效钾呈显著相关关系。

表3 不同土层中有机质含量与各养分含量的相关性分析

土层深度 (cm)	全氮	有效磷	速效钾	有效铁	有效锌
0~20	0.682**	0.330*	0.468**	0.332*	0.335*
20~40	0.479**	0.180	0.251	0.305*	0.304*
40~60	0.040	0.108	0.222	0.116	0.126

注:*,**分别表示相关性达到5%和1%显著水平。

2.4 土壤pH值的状况与变化

在不同种植年限的果园中不同土层pH值如表4所示,结果表明:随着种植时间的增长,果园中不同土层土壤pH值均呈下降趋势,在0~20 cm土层中,果园种植时间为20~30年时,较小于10年果园pH值下降0.43个单位,种植30~40年的果园土壤pH值对比20~30年果园下降0.66个单位;在20~40 cm土层中,20~30年果园土壤pH较小于10年果园下降0.17个单位,30~40年果园较20~30年果园则下降0.24个单位;在40~60 cm土层中,20~30年果园较小于10年

果园土壤 pH 值下降 0.13 个单位, 30 ~ 40 年果园较 20 ~ 30 年果园下降 0.14 个单位。

表 4 不同种植年限下各土层 pH 值变化

种植年限	土层深度 (cm)	变化幅度	均值
<10	0 ~ 20	8.15 ~ 8.22	8.21 ± 0.04a (A)
	20 ~ 40	8.13 ~ 8.25	8.26 ± 0.01a (A)
	40 ~ 60	8.17 ~ 8.30	8.28 ± 0.09a (A)
10 ~ 20	0 ~ 20	7.95 ~ 8.25	8.21 ± 0.04a (A)
	20 ~ 40	8.18 ~ 8.27	8.20 ± 0.05a (A)
	40 ~ 60	8.25 ~ 8.38	8.25 ± 0.06a (A)
20 ~ 30	0 ~ 20	7.45 ~ 8.10	7.78 ± 0.32b (B)
	20 ~ 40	7.93 ~ 8.18	8.09 ± 0.13a (A)
	40 ~ 60	7.98 ~ 8.41	8.15 ± 0.22a (A)
30 ~ 40	0 ~ 20	5.03 ~ 7.30	7.12 ± 0.93b (C)
	20 ~ 40	5.17 ~ 8.09	7.85 ± 1.13a (A)
	40 ~ 60	8.22 ~ 8.70	8.01 ± 0.74a (A)

注: 小写字母表示同一种种植年限不同深度土壤 pH 值间显著差异水平 ($P < 0.05$), 大写字母表示不同种植年限同一土层深度果园土壤 pH 值间显著差异水平 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 果园磷钾过量积累导致土壤养分失衡

土壤养分含量及合理比例是影响苹果园高质高产的重要因素^[17-20]。研究表明, 河北省苹果园中全氮、有机质、有效磷、速效钾含量分别达到 1.16 g/kg、17.99 g/kg、118.26 mg/kg、329.70 mg/kg, 根据全国第二次土壤普查养分分级标准^[21]来看, 果园中全氮含量处于中等水平, 有机质含量处于较缺水平, 有效磷、速效钾含量均已达到并远超丰富水平。与前人研究结果^[5, 22]相比, 当今河北省苹果园有机质与全氮含量虽有所增长, 但依旧处于中下水平, 有效磷含量达到并远远超过丰富水平标准, 这与卢树昌等^[23]当年调查的河北省 80% 果园磷素样本处于盈余状态相近, 而卢树昌等^[22]当年调查的河北省果园钾肥投入相对不足的情况已得到改善, 且果园中速效钾含量普遍偏高。果园土壤中大量营养元素大幅度上升会影响到土壤中微量元素的有效性, 尤其是土壤中有效磷的大幅度上升会对土壤中有效锌、有效铁的有效性产生负面影响, 有研究表明^[24], 在土壤中加入 150 mg/kg 的 P_2O_5 培养 9 个月, 土壤有效锌降低 17.8%, 当今条件下河北省果园有效磷含量普遍偏高, 有效磷与有效铁、有效锌的比例较第二次土壤普查时期有了大幅

度上升, 这可能会造成果树的生理性缺素, 速效钾含量过高也会影响果树对其他元素的吸收。

3.2 土壤养分的纵向运移

本次研究中随着种植年限的增长, 果园中 0 ~ 20 cm 土层全氮、有机质以及速效养分含量呈上升趋势, 高义民^[25]研究发现, 随着种植年限的增加, 渭北旱塬地区苹果种植区土壤有机质和速效养分含量均以增加趋势为主, 在定位实验中同样呈现此规律, 陈翠霞等^[3]也在研究中指出, 老果园区土壤中有效养分含量要高于新果园区, 本次研究与二人研究结果相近, 而土壤全氮与有机质变化趋势相同, 与其他研究^[26]得出的结论类似。但在研究果园土壤养分随种植年限增长的变化规律时, 不同研究者得出不同结论, 如在张义等^[27]研究中表明, 当果树种植年限超过 19 年后果园土壤肥力开始衰退, 另有研究^[28-29]却表明随着苹果园树龄的增加表层土壤全磷和土壤有效磷含量均呈增加的趋势, 而有机碳和全氮含量则呈下降趋势; 张丽娜等^[30]、杜静静^[31]则指出随着果园树龄的增长, 果园土壤有机质、有效磷、铜、锰、锌等都表现出先减后增的趋势, 在土壤表层中有效铁、速效钾和全氮含量也呈现出相同的趋势, 与本次研究结果并不相同, 造成这一现象的原因可能是果农对果园的管理措施不同; 本次定位试验中全氮、有机质及速效养分含量随种植年限的增长一直呈现上升趋势, 与本次河北省果园的调查结果一致。

本次定位试验结果表明, 在果园种植 16 年时, 果园 0 ~ 40 cm 土层中发生土壤磷素富集, 到种植 31 年后, 果园中的磷素仍大量富集于 0 ~ 40 cm 土层, 未发生明显的下移, 刘晓霞^[32]研究也发现浅层土壤有效磷远高于深层, 二者研究结果相似; 土壤钾素在种植 16 年时主要富集于 0 ~ 40 cm 土层, 由于钾素在土壤中移动性更强, 果园在种植 31 年后, 钾素在 40 ~ 60 cm 土层中有明显的富集, 出现了富集层下移; 在果园种植 16 年后, 果园 0 ~ 60 cm 土层中全氮、有机质有明显上升, 这与当年果农深施有机肥有重要关系, 与 0 ~ 60 cm 土层有效铁、有效锌的增加也有一定关系。

4 结论

苹果园土壤养分状况为: 0 ~ 20 cm 土壤全氮、

有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌含量分别为 1.16 g/kg、17.99 g/kg、118.26 mg/kg、329.70 mg/kg、15.33 mg/kg、3.69 mg/kg，年均增长量分别为 0.01 g/kg、0.16 g/kg、2.80 mg/kg、5.04 mg/kg、0.18 mg/kg、0.08 mg/kg。

土壤全氮、有机质、有效磷、速效钾、有效铁、有效锌随种植年限的增加呈直线上升趋势。土壤有效磷、速效钾积累速率显著高于全氮、有机质、微量元素的积累；20 年以上树龄果园 0 ~ 20 cm 土壤趋于酸化。

参考文献：

- [1] 李玘, 尹兴, 张丽娟, 等. 河北燕山苹果产区土壤肥力与施肥现状评价 [J]. 中国果树, 2019, (6): 32-37.
- [2] 韩培汕. 河北苹果主产区养分资源特征与施肥调控技术 [D]. 保定: 河北农业大学, 2018.
- [3] 陈翠霞, 刘占军, 陈竹君, 等. 黄土高原新老苹果产区施肥现状及土壤肥力状况评价 [J]. 土壤通报, 2018, 49 (5): 1144-1149.
- [4] 王小英, 同延安, 刘芬, 等. 陕西省苹果施肥状况评价 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19 (1): 206-213.
- [5] 刘建玲, 廖文华, 张志华, 等. 河北省中南部苹果园土壤养分的消长及分布 [J]. 园艺学报, 2006, (4): 705-708.
- [6] 卢树昌, 陈清, 张福锁, 等. 河北省果园氮素投入特点及其土壤氮素负荷分析 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, (5): 858-865.
- [7] Jian S, Qiang Z, Jia Z. Pyrosequencing technology reveals the impact of different manure doses on the bacterial community in apple rhizosphere soil [J]. Applied Soil Ecology, 2014, 78: 31-39.
- [8] 郑昊楠, 王秀君, 万忠梅, 等. 华北地区典型农田土壤有机质和养分空间异质性 [J]. 中国土壤与肥料, 2019, (1): 55-61.
- [9] 王子腾, 耿元波, 梁涛. 中国农田土壤的有效锌含量及影响因素分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2019, (6): 55-63.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第 3 版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 丁鼎治, 李顺, 王壮图. 河北省土壤志 [M]. 保定: 河北科技出版社.
- [12] 保定地区行署农业局土壤组. 保定土壤志 [M]. 保定: 保定市农业局, 1983. 12.
- [13] 秦皇岛市土壤普查组. 秦皇岛市土壤志 [M]. 秦皇岛: 秦皇岛市农业局, 1986.
- [14] 青龙县农业局土壤组. 青龙县土壤志 [M]. 秦皇岛: 青龙县农业局, 1985.
- [15] 抚宁县农业局土壤组. 抚宁县土壤志 [M]. 秦皇岛: 抚宁县农业局, 1985.
- [16] 三河县农林局土壤普查委员会. 三河县土壤志 [M]. 廊坊: 三河县农林局, 1981.
- [17] Fallahi E, Fallahi B, Neilsen G H. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples [J]. Acta Horticulturae, 2010, 868: 49-59.
- [18] 高义民, 同延安, 路永莉, 等. 陕西渭北红富士苹果园土壤有效养分及长期施肥对产量的影响 [J]. 园艺学报, 2013, 40 (4): 613-622.
- [19] 柳林虎, 隋春青, 王清民, 等. 树盘覆草对果园生态环境的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2006, (3): 62-63.
- [20] 郑朝霞, 王颖, 石磊, 等. 陕西省苹果主产区土壤有机质、氮磷钾养分含量与分布特征 [J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23 (5): 1191-1198.
- [21] 全国土壤普查办公室. 第二次全国土壤普查暂行技术规程 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1979.
- [22] 卢树昌, 贾文竹. 河北省果园土壤质量现状及演变分析 [J]. 华北农学报, 2008, (5): 219-222.
- [23] 卢树昌, 陈清, 张福锁, 等. 河北果园主分布区土壤磷素投入特点及磷负荷风险分析 [J]. 中国农业科学, 2008, (10): 3149-3157.
- [24] 孙祖琰, 丁鼎治. 河北土壤微量元素研究与施肥应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1990.
- [25] 高义民. 陕西渭北苹果园土壤养分特征时空分析及施肥效应研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [26] Peng X, Guo Z, Zhang Y. Simulation of long-term yield and soil water consumption in apple orchards on the loess plateau, china, in response to fertilization [J]. Scientific Reports, 2017, 7 (1): 5444.
- [27] 张义, 谢永生, 郝明德, 等. 黄土塬面果园土壤养分特征及演变 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16 (5): 1170-1175.
- [28] 李佳昊. 栽植年限对苹果园土壤肥力和生物学性状的影响及衰老果园土壤修复技术研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [29] 陈金星. 不同种植年限苹果园土壤特性比较 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [30] 张丽娜, 李军, 范鹏, 等. 黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾养分含量与分布特征 [J]. 生态学报, 2013, 33 (6): 1907-1915.
- [31] 杜静静. 不同种植年限果园土壤理化性质与酶活性研究 [D]. 临汾: 山西师范大学, 2013.
- [32] 刘晓霞. 苹果园土壤磷库特征及土壤磷含量和磷源对磷吸收的影响 [D]. 济南: 山东农业大学, 2018.

Soil nutrient status and evolution of main apple producing areas in Hebei Province

GUO Ju-qiu, LIU Jian-ling*, XIE Jiao, WU Jing, GUO Yu-bing, SUN Zhi-peng (College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding Hebei 071000)

Abstract: Extensive measurements on soil nutrients over main orchard producing areas in combination with in situ monitoring at some sites were conducted in this study to investigate the current status, dynamic changes as well as the vertical distribution of nutrients in 0 ~ 60 cm soil for providing insightful support for the scientific recommendation of nutrient management. Results showed that: the contents of total nitrogen, organic matter, available phosphorus, available potassium, available iron and available zinc in 0 ~ 20 cm soil of main apple orchard in Hebei Province were 1.16 g/kg, 17.99 g/kg, 118.26 mg/kg, 329.70 mg/kg, 15.33 mg/kg and 3.69 mg/kg, respectively, which were greater of 0.43 g/kg, 6.49 g/kg, 111.96 mg/kg, 201.50 mg/kg, 7.13 mg/kg and 3.16 mg/kg, respectively compared with the second soil survey in 1980 ~ 1985. Status of soil organic matter and nutrients: based on the standards of the second soil census, orchard with 10.00 ~ 20.00 g/kg of soil organic matter accounted for 60.3%, which was at a low level; orchard with 1.00 ~ 1.50 g/kg of total nitrogen accounted for 44.5%, which was at a medium level; available phosphorus >40.00 mg/kg and available potassium >200.00 mg/kg accounted for 78.5% and 61.8% respectively, which were all at a high level. Meanwhile, soil nutrients linearly increased with the orchard cultivation, where the increases of soil available phosphorus and potassium were greater than the values of soil total nitrogen, organic matter, available iron and available zinc. Status of vertical distribution of soil nutrients: soil nutrients in the 30-year old orchard mainly accumulated in the 0 ~ 20 cm soil, and the available phosphorus and available potassium in the 20 ~ 40 and 40 ~ 60 cm soil layers were approximately 50.8%, 59.8%, 74.0% and 42.3%, 27.0% and 55.9% of those in 0 ~ 20 cm, respectively. Soil pH decreased clearly after 30 ~ 40 years cultivation, and it was about 1.09, 0.41 and 0.27 lower than the values of 0 ~ 20, 20 ~ 40 and 40 ~ 60 cm layers of orchard in 10 years, respectively. In conclusion, soil nutrients of apple orchard linearly increased with cultivation years although the soil available phosphorus and potassium increased much faster than those of soil organic matter, available iron and zinc, indicating a trend of soil nutrients imbalance, degradation and acidification. Therefore, increasing application of organic fertilizers, iron and zinc will be helpful for improving the soil fertility production capacity of apple orchard in Hebei.

Key words: apple orchard; soil nutrient status; change; influencing factors