

渭北果园土壤有机质及酶活性研究

石宗琳¹, 王益权¹, 张露¹, 喻建波^{1,2}, 焦彩强¹, 冉艳玲¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省果业局, 陕西 西安 710018)

摘要: 为了探讨渭北果园土壤生物质量演化趋势, 分析制约地区苹果可持续发展的土壤因素, 在渭北旱源果区选择了 <10 a、10~20 a、>20 a 园龄段苹果园各3个, 选用农田土壤作为对照, 研究0~100 cm 范围内土壤有机质、过氧化氢酶、脲酶、碱性磷酸酶活性的变化趋势。结果表明, 随着果树种植年限的增加, 果园土壤有机质含量仅在表层0~20 cm 有不同程度地累积趋势, 且在>20 a 果园累积较为明显; 20~40 cm 土层处有机质呈现在植果初期递减, 20 a 后逐渐增加的趋势; 果园土壤3种酶活性变化差异主要体现在0~40 cm 土层范围, 过氧化氢酶活性在0~40 cm 呈现递减趋势, 且在0~100 cm 土层显著高于农田土壤; 脲酶活性在0~40 cm 有不同程度递增过程, 碱性磷酸酶活性在0~40 cm 也呈现出相对增高的态势。相关性分析表明土壤有机质与3种酶之间存在着极显著相关。由此得出, 渭北地区果树对土壤生物质量的影响主要体现在0~40 cm 范围, 果园土壤过氧化氢酶活性显著递减和表层土壤脲酶活性增加可能会对苹果树生长产生一定影响。

关键词: 渭北果园; 土壤有机质; 土壤酶活性

中图分类号: S154.2; S661.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)04-0086-06

黄土高原渭北地区以独特的气候及自然生态条件成为苹果优生区之一, 农业产业结构调整以来, 使这里大面积由农田粮食生产改为果业生产, 规模化果业发展极大地促进了当地生态景观改善和经济快速发展。然而, 作为优质果园基本条件, 土壤瘠薄、有机质含量低、土壤结构性差等成为左右果品生产的主要因素。尤其果园多年大量地使用无机化肥及农药等一系列不合理的土壤管理措施, 使得随种植年限增加, 果园土壤性质退化较为明显, 严重地制约着地区苹果生产和可持续发展^[1-4]。有机质作为土壤基础肥力和生产力的重要指标, 是土壤质量与功能的核心, 在改善土壤结构, 协调根区水、肥、气、热关系、稳定植物养分供应等方面有着极为重要的作用。有机质含量的变化趋势首先依赖于有机物的投入量, 其次依赖于自然环境条件及土壤管理水平, 其中不同生态类型之间植被成为土壤有机质变化的主导因素。果园之间土壤有机质变化除涉及这些因素^[5]外, 一般认为果园土壤具有年耕作扰动次数较农田少、果树经济附加值较高, 施肥量较农田高, 果树根系分泌物逐年累积等特点, 有利于果园土壤有机质的累积与提升。目前, 关于不同土地利用及管理措施下林地和农田土壤有机质含量变化特征的研究较为深入和广泛。刘启明等^[6]研究了农林生态系

统转变对土壤有机质的影响; 王清奎等^[7]研究了杉木人工林的土壤有机质; 张电学等^[8]对不同施肥制度下有机质的动态变化进行了研究; 陈桂秋等^[9]研究了红壤丘陵区土地不同利用方式对土壤有机质的影响。也有大量关于渭北果园土壤有机质方面的研究, 王留芳等^[10]对渭北苹果园0~40 cm 土壤有机质含量的现状做过研究与报道; 张义等^[11]对黄土塬面不同种植年限果园土壤有机质含量状况做了研究; 甘卓亭等^[12]研究了渭北塬区不同地形条件和种植年限果园土壤有机碳状况。

土壤酶是由土壤微生物、植物根系分泌及动植物残体、遗骸分解释放于土壤中的一类具有催化能力的生物活性物质^[13]。土壤酶活性作为土壤生物质量指标之一, 不仅体现着土壤管理水平, 而且对于维持土壤内部物质转化起着极为重要的作用, 是土壤生物质量变化的敏感指标之一^[14]。用土壤酶活性能够鉴别出在较短时期内土壤管理措施的利弊, 已被建议作为土壤质量的潜在指示因子^[15]。目前, 对果园土壤酶活性研究工作较丰富。殷瑞敬等^[16]研究了不同覆盖措施下果园土壤酶活性; 李会科等^[17]研究了种植生草对果园土壤酶活性的影响。很少有人研究在植果过程中土壤酶活性变异趋势。果园作为一种特殊的农田生态类型, 多年高产出、高

收稿日期: 2011-11-28

基金项目: 农业部2010年农村能源综合建设项目(1251005507)

作者简介: 石宗琳(1986—), 女, 重庆巴南人, 硕士研究生, 主要从事果园土壤质量研究。E-mail: missshilin@163.com。

通讯作者: 王益权(1957—), 男, 陕西旬邑人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤物理与改良教学和科研工作。E-mail: soilphysics@163.com。

化肥及高农药等化学物质投入与使用,必然左右着诸如以酶活性为指标的土壤生物质量。

本研究以同一生态类型下,不同园龄段果园土壤不同深度有机质含量与酶活性关系作为切入点,探求植果过程中土壤有机质含量与酶活性的时空变化特征,将有助于丰富旱塬不同覆被条件下土壤碳库平衡理论,分析现代果园管理条件下土壤肥力演化趋势及对果树可持续生产的影响,也为定向培育果园土壤肥力提供重要的科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕西省渭北旱塬主要果区旬邑县,地处东经 $108^{\circ}08'$ ~ $108^{\circ}52'$,北纬 $34^{\circ}57'$ ~ $35^{\circ}33'$ 之间,地势呈东北高西南低,沿东北到西南呈条形分布,平均海拔 1 300 m,海拔相差 1 005 m,属于典型的黄土高原沟壑区和暖温带季风气候区。年平均气温 9.0°C ,1 月份最冷,平均气温 -4.9°C ,7 月份最热,平均气温 21.7°C ,多年 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为 3 613.9 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 2 955.8 $^{\circ}\text{C}$,无霜期 179 d 左右。年辐射总量为 $5.03 \times 10^5 \text{ kJ}/\text{cm}^2$,日照时数 2 390.2 h。多年平均降雨量 600 mm 左右,干燥度 1.1 ~ 1.3,平均湿润指数为 0.65,属于典型的雨养农业区。供试土壤类型为粘黑垆土(系统分类名称为堆垫干润均腐土, Cumuli - Ustic Isohumosols),土体通透性好,保水保肥力较强。试验点选定在该县植果历史较长的原底乡店子头村,供试果树均为红富士苹果。

1.2 样品采集

采样时间为 2009 年 10 月苹果采收期,采样前对果园基本情况进行了调查,包括:果园面积、果树品种、树龄、种植密度、肥料品种、施肥量、施肥时期、产量等。依据空间代替时间的基本原理,选择在相同自然生态条件和管理水平基本一致的范围内,分别选择了 $>20 \text{ a}$ 、 $10 \sim 20 \text{ a}$ 和 $<10 \text{ a}$ 三个园龄段苹果园作为研究对象,每个园龄段分别选取 3 个果园作为重复。在每个果园内选择具有代表性的 3 株果树作为采样点,于树冠投影面范围内距树干 $2/3$ 处,按照 0 ~ 20 cm, 20 ~ 40 cm, 40 ~ 60 cm, 60 ~ 80 cm, 80 ~ 100 cm 的间距依次逐层用土钻采取土壤剖面样品,并按照田间农化样品采样的基本原则,把同一个果园内的 3 株果树下所采集的土样,按照土层深度相同的原则将样品混合,以便减少采样点的空间误差。同时,基于该地区果园植果前是基本农田的客观实

际,在该研究区域选取具有常规管理模式的农田作为对照,以相同方式采集土壤剖面样品。将土样带回室内经自然风干、磨细、过筛,用于测定土壤有机质含量及酶活性等。

1.3 分析方法

土壤有机质测定用重铬酸钾容量法^[18]。土壤酶活性^[13]测定:脲酶用靛酚蓝比色法,以 $\text{NH}_3 - \text{N}$ mg/g $\pm$ (37°C , 24h)表示;碱性磷酸酶用磷酸苯二钠比色法,以酚 mg/g $\pm$ (37°C , 12h)表示;过氧化氢酶用 KMnO_4 滴定法,以 0.1N KMnO_4 mL/g $\pm$ (25°C , 20min)表示。

1.4 数据处理

数据处理采用 Excel2003 和 SAS 数据处理软件,用 ANOVA 过程进行方差分析,用 CORR 过程进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 渭北果园土壤有机质含量及酶活性状况

土壤有机质及酶活性等生物质量是反映植被演替对土壤质量作用与影响较为敏感的指标,这是因为不仅耕作制度、施肥制度等土壤管理模式发生变化,同时,受植被演替的影响,果园土壤水分条件变化、果树根系分泌等生物作用的结果,土壤生物质量的变化应当是肯定的。渭北果园需防病虫害,每年采果后需要清园,将叶片全部清扫出去焚烧,果园有机物质输入与当地农田管理基本一致。渭北果园土壤 0 ~ 40 cm 土层有机质及 3 种主要酶活性状况结果见表 1。

从表 1 可以看出,渭北果园表层 0 ~ 20 cm 土壤有机质为 15.8 ~ 18.8 g/kg,平均值为 16.9 g/kg,变异系数 9.82%;亚表层 20 ~ 40 cm 为 11.8 ~ 13.8 g/kg,平均 12.5 g/kg,变异系数 9.36%,表层土壤有机质含量是亚表层的 1.35 倍。根据山东省苹果园土壤有机质含量分级标准^[19]: $>20.0 \text{ g}/\text{kg}$ 为高含量, $15.0 \sim 20.0 \text{ g}/\text{kg}$ 为适宜, $10.0 \sim 15.0 \text{ g}/\text{kg}$ 为中等, $6.0 \sim 10.0 \text{ g}/\text{kg}$ 为低等, $<6.0 \text{ g}/\text{kg}$ 为极低含量。渭北果园土壤 0 ~ 40 cm 土层有机质含量平均值为 14.7 g/kg,达到中等水平,基本满足优质果园对土壤有机质的需求。当地农田土壤 0 ~ 20 cm 的有机质平均含量为 15.3 g/kg,比果园土壤低 1.6 g/kg; 20 ~ 40 cm 为 13.2 g/kg,比果园土壤高 0.7 g/kg,说明以农田为对照,渭北果园表层土壤有机质含量有所增加,而亚表层则有所递减。

表 1 渭北果园土壤有机质及酶活性状况

Table 1 The status of soil organic matter and enzyme activity in Weibei orchards

园 龄 Orchard age	有机质含量 Content of OM. (g/kg)		过氧化氢酶活性 Catalase activity (0.1N KMnO ₄ mL/g)		碱性磷酸酶活性 Alkaline phosphatase activity (酚 mg/g)		脲酶活性 Urease activity (NH ₃ -N mg/g)	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
>20a	18.8aA	13.8aA	0.14cB	0.14cB	0.52bB	0.31bB	1.78bA	0.63aA
10~20a	15.8cB	11.9bB	0.15bA	0.15bB	0.31cC	0.19cC	2.30aA	0.26bB
<10a	16.1bB	11.8bB	0.16aA	0.17aA	0.60aA	0.35aA	0.92cB	0.24bB
平均值 Average	16.9	12.5	0.15	0.16	0.48	0.28	1.66	0.38
标准偏差 Std. deviation	1.66	1.17	0.01	0.01	0.15	0.08	0.70	0.22
变异系数 CV (%)	9.82	9.36	5.52	8.20	32.14	30.04	41.94	58.24

注: 同列中不同小写字母表示差异显著, 不同大写字母表示差异极显著。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ level and different capital letters indicate highly significant difference at $P < 0.01$ level.

土壤酶活性是探索植物对土壤作用机理的重要依据。渭北果园土壤表层 0~20 cm 过氧化氢酶、碱性磷酸酶、脲酶活性的平均值分别为 0.15 mL/g、0.48 mg/g、1.66 mg/g, 变异系数分别为 5.52%、32.14%、41.94%; 亚表层(20~40 cm)平均值分别为 0.16 mL/g、0.28 mg/g、0.38 mg/g, 变异系数分别为 8.20%、30.04%、58.24%。可以看出, 脲酶和碱性磷酸酶变异性相对较大, 过氧化氢酶变异系数相对较小。

2.2 果园土壤有机质及酶活性变异趋势

2.2.1 有机质含量变异趋势 0~100 cm 范围内土壤有机质分布情况见图 1。该地区土壤属于粘黑垆土, 以农田土壤为对照不难看出, 表层 0~20 cm 为耕作层, 受现代培肥作用影响, 其土壤有机质含量相对较高, 平均值达到了 15.3 g/kg, 20~40 cm 左右受过去培肥和现代果树根系共同影响, 有机质含量较低, 仅达到 13.2 g/kg。其下层属于黑垆土层和黄土母质等发生层, 受成土过程的影响, 有机质含量快速递减, 40~100 cm 各土层有机质含量基本上变化不大。>20 a 老果园 0~60 cm 范围内各土层间有机质含量变化幅度大, 差异达显著水平, 60~100 cm 间差异不显著, 表层 0~20 cm 土壤有机质含量最高, 达到了 18.8 g/kg, 40~60 cm 土层含量最低, 为 10.3 g/kg。10~20 a 盛果期果园 20~60 cm 土层间和 60~100 cm 土层间差异不显著, 其它差异显著, 表层有机质含量最高, 达 15.8 g/kg, 80~100 cm 处土壤有机质含量最低, 为 10.5 g/kg。<10 a 幼龄果园土壤剖面上有机质含量的变化趋势与盛果期果园类似, 表层含量最高, 为 16.1 g/kg, 底层含量最低, 只有 10.2 g/kg。

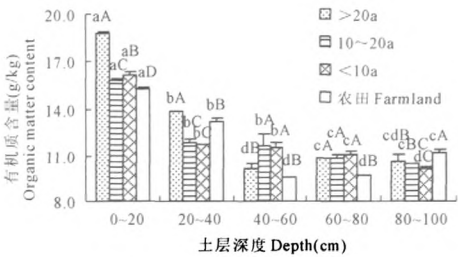


图 1 渭北果园土壤有机质变异趋势

Fig.1 The variation trend of soil organic matter in orchards in Weibei

注: 不同小写字母表示相同园龄在不同土层间的差异显著, 不同大写字母表示相同土层在不同园龄间的差异显著。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between soil layers at $P < 0.05$ level for the same age of orchards, and different capital letters indicate significant difference between different ages of orchards at $P < 0.05$ level for the same soil layer.

2.2.2 过氧化氢酶变异趋势 根系分泌物是土壤酶的重要来源, Gramas 等^[20]研究了 12 种陆生植物分泌物对土壤多种酶活性影响得出, 90% 土壤酶活性是通过分泌物提供。由图 2 可知, >20 a 老果园 0~80 cm 土层范围内, 随着土层深度增加过氧化氢酶活性呈现递增趋势, 80~100 cm 略有下降, 过氧化氢酶活性最大值在 60~80 cm 土层处, 表层 0~20 cm 处最小。10~20 a 盛果期果园土壤过氧化氢酶活性在 0~100 cm 土层范围内也随着土层深度增加而增大, 底层为最大, 表层 0~20 cm 处酶活性最小。<10 a 幼龄果园在 0~60 cm 与 60~100 cm 土层范围内, 均随着土层深度的增加呈现先递增再递减趋势, 表层 0~20 cm 处酶活性最低, 酶活性最大值出现在 60~80 cm 土层。农田土壤在 0~100 cm 范围内过氧化氢酶活性变化趋势与幼龄果园类似, 60~

80 cm 处土层酶活性最大,表层最低。

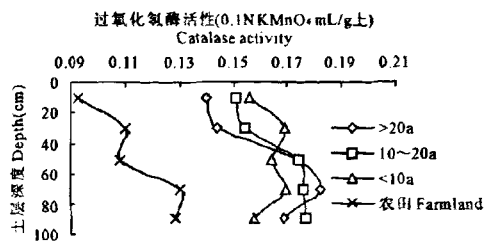


图2 渭北果园土壤过氧化氢酶变化趋势

Fig.2 The variation trend of soil Catalase activity in orchard in Weibei

不同园龄果园土壤过氧化氢酶活性在 0~100 cm 范围内均有呈现出明显的差异性。在 0~40 cm 土层范围内,过氧化氢酶活性变化为幼龄果园>盛果期果园>老龄果园>农田,40~80 cm 为老龄果园>盛果期果园>幼龄果园>农田,80~100 cm 为盛果期果园>老龄果园>幼龄果园>农田。0~100 cm 土层果园土壤过氧化氢酶活性显著高于农田土壤。

2.2.3 脲酶活性变异趋势 由图3可以清楚地看出,果园土壤与农田土壤脲酶活性均随着土层深度增加而递减。不同园龄果园土壤脲酶活性在 0~40 cm 土层差异明显,表层 0~20 cm 中不同园龄处理间以及与农田土壤间的脲酶活性差异显著,其中幼龄果园土壤脲酶活性与农田差别不大,到 20~40 cm 处,各果园处理间差别减小,40~100 cm 范围几乎没有明显差异。表层 0~20 cm 范围内土壤脲酶活性变化呈现出盛果期果园>老果园>幼龄果园>农田土壤,20~40 cm 为老果园>农田土壤>盛果期果园>幼龄果园,40 cm 以下果园土壤脲酶活性差异不显著,但均显著小于农田土壤。

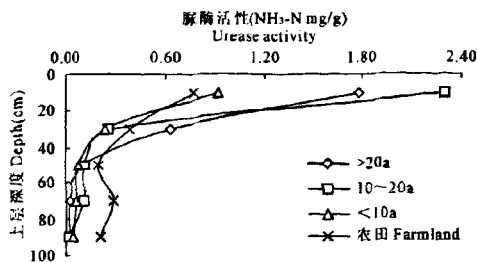


图3 渭北果园土壤脲酶活性变化趋势

Fig.3 The variation trend of soil Urease activity in orchard in Weibei

2.2.4 碱性磷酸酶变异趋势 从图4得出,老果园和幼龄果园土壤剖面上碱性磷酸酶活性均呈现出从

上层到下层依次递减的规律性。盛果期果园碱性磷酸酶活性在 0~60 cm 土层范围内随着土层厚度的增加呈现先递减再递增的趋势,60~100 cm 土层范围又出现递减的趋势,农田土壤碱性磷酸酶活性在 0~80 cm 出现减—增—减的趋势,且变化趋势显著,80~100 cm 比 60~80 cm 略有下降。

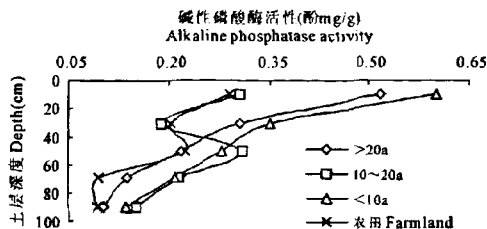


图4 渭北果园土壤碱性磷酸酶活性变异趋势

Fig.4 The variation trend of soil Alkaline phosphatase activity in orchard in Weibei

老果园表层 0~20 cm 土壤碱性磷酸酶活性是底层的 5.2 倍,幼龄果园表层酶活性是底层的 4.29 倍,盛果期果园碱性磷酸酶活性最大值出现在 40~60 cm 土层,底层最低,前者是后者的 2.07 倍。果园土壤碱性磷酸酶活性差异性加大的土层空间同样也在 0~40 cm 以上,在此土层之下的各园龄果园间碱性磷酸酶活性差值有所减小。在 0~40 cm 范围土壤碱性磷酸酶活性变化大体呈现幼龄果园>老果园>盛果期果园>农田的变化趋势。

2.3 果园土壤有机质与酶活性的关系

表2结果显示了土壤有机质与土壤脲酶、过氧化氢酶、碱性磷酸酶活性之间的相关关系,土壤有机质与脲酶(0.89**)、碱性磷酸酶(0.84**)呈极显著正相关,与过氧化氢酶(-0.78**)呈极显著负相关。3种土壤酶活性的相关关系显示,土壤过氧化氢酶与脲酶(-0.71**)、碱性磷酸酶(-0.54**)之间分别呈极显著或显著负相关关系,而脲酶与碱性磷酸酶(0.60**)之间呈显著正相关关系。

3 讨论

有机质是土壤养分的重要来源,其含量是衡量果园土壤肥力高低的重要指标^[21]。对于果树生长而言,不仅依赖于表层土壤有机质含量,而且依赖于深层土壤有机质含量^[22]。本研究结果得出渭北果园土壤有机质含量随着土层加深而减少,0~40 cm 土层有机质含量变幅大,40~100 cm 土层有机质含量变幅较小。0~40 cm 土壤有机质含量达到中等水平,此结果与王留芳、同延安的研究结果有一定差异^[10]。随着种植年限的增加,果园土壤有机质含量

在表层 0~20 cm 基本上呈现出不同程度的累积趋势,但在亚表层 20~40 cm 处呈现出先递减后增加的过程,说明果园土壤有机质在表层和亚表层土壤中具有不同方向和不同程度的阶段性变异过程。对于旱地果园而言,表层土壤有机质的累积只是植果的生物效应,处于盛果期阶段的果园土壤在亚表层有机质含量明显递减问题,在今后果园土壤管理方面应当给予极大关注。

表 2 土壤酶活性与土壤养分之间的相关性

Table 2 The correlations between soil enzyme

activity and some soil nutrients

项目 Items	脲酶 Urease activity	过氧化氢酶 Catalase activity	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase activity
有机质 Organic matter	0.89**	-0.78**	0.84**
脲酶 Urease activity	1.00		
过氧化氢酶 Catalase activity	-0.71**	1.00	
碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase activity	0.60*	-0.54*	1.00

注: * 和 ** 分别表示 $P < 0.05$ 显著水平相关和 $P < 0.01$ 极显著水平相关。 $n = 15 - 2 = 13$

Note: * and ** are used to indicate the significance of correlation at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ levels, respectively.

在土壤干旱胁迫条件下,苹果根系会大量累积活性氧^[23]。过氧化氢酶能够促使广泛分布于土壤中过氧化氢物的分解,使之降解为水和氧,解除过氧化物累积对植物的毒害作用^[24]。过氧化氢酶活性高,表明土壤解毒能力强^[25]。本研究结果表明,0~100 cm 土层果园土壤过氧化氢酶活性随着土层深度增加基本呈现递增趋势,这是因为土壤过氧化氢酶来源于植物根系,该地区果树根系属于深根系,根系的活性部位在深层土壤中。植果期间果园土壤过氧化氢酶活性显著高于农田土壤,这可能是因为果园施肥和精耕管理提高了酶活性。随着种植年限的增加,过氧化氢酶活性在 0~40 cm 土层有所降低,土壤解毒能力减弱,这将导致果园土壤内部毒素积累,威胁果树根系生长。

脲酶对土壤和肥料中氮素转化起着重要作用,其活性高低表征土壤供氮水平^[26],氮肥使用量、使用历史以及使用空间深度直接影响土壤脲酶的活性强弱。尿素施入土壤后会在土壤脲酶的作用下水解为 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$,然后分解形成的 NH_4^+ 可被植物根系吸收,被土壤固定和形成 NH_3 挥发掉,在通气良好

的土壤中,它还将发生消化作用,将 NH_4^+ 氧化生成 NO_3^- 。本研究发现不同园龄果园土壤脲酶活性在 0~40 cm 差异显著,而 40~100 cm 变化不大,这与果园多年使用无机氮肥的量及氮肥使用深度空间有很大关系。随着种植年限增加,果园土壤脲酶活性在 0~40 cm 以上具有不同程度递增过程,使果树根系可能承受受到因土壤尿素态氮急速分解,土壤中氮累积和氮素损失的威胁性。为了克服土壤高脲酶活性造成的作物氮中毒和土壤氮素损失,近年国内外有人致力于土壤脲酶抑制剂的研究^[27-28],可见目前控制果园氮素的使用量已经显得极为重要。

在石灰性土壤中碱性磷酸酶是一类催化土壤中有机磷化合物转化的生物酶,可加速有机磷的释放速度^[29],其活性高低直接反映土壤有机磷的分解转化和生物有效性。土壤磷酸酶主要来自植物根系,大部分根系集中于 0~40 cm 处,因此土壤碱性磷酸酶活性在 0~40 cm 以上土层也呈现出相对较高的态势,且表征着各类果园土壤磷肥的使用特征。对于幼龄果园和老龄果园,因为幼果园挂果量少,以及老龄果园退化明显等原因,当地磷肥投入量相对偏少,果树对磷的需求主要依据对土壤有机磷和残留无机磷的转化而获得,盛果期果园磷肥投入量充足,无须依赖于土壤有机磷和无机磷转化机制,故土壤碱性磷酸酶活性相对较低,表现出与农田土壤同等水平,足见施肥是调控土壤酶活性的主要措施之一。

土壤中包含很多酶,各种酶促反应既是专性的,又是互相关联的。土壤中的脲酶、磷酸酶、脱氢酶等常作为表征土壤肥力的指标^[30]。王颖等^[31]研究得出,夏季苹果园土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶等酶活性与有机质含量密切相关,对有机质除直接作用外,多是通过其他酶的间接作用来影响。王鑫等^[29]研究结果表明果园脲酶、磷酸酶与有机质含量呈显著正相关。本研究结果显示果园土壤有机质与土壤脲酶、过氧化氢酶、碱性磷酸酶活性之间存在极显著相关性,3 种酶之间也存在极显著或显著相关性,表明土壤酶能够促进土壤有机质的循环转化,且土壤酶对土壤有机质的影响存在专一性,也存在相互作用,这与许静等^[32]的研究一致。土壤酶活性之间的相互关系有助于简化土壤质量诊断参数。

参考文献:

- [1] 赵正阳, 魏 军, 王贵存. 陕西苹果产业现状及国际竞争力分析[J]. 西北农业学报, 2002, 11(4): 108-111.
- [2] 樊 军, 邢明安, 郝明德, 等. 渭北旱塬苹果园土壤深层干燥化与硝酸盐累积[J]. 应用生态学报, 2004, 15(7): 1213-1216.

- [3] 冉伟,谢永生,郝明德,黄土高原沟壑区不同种植年限果园土壤水分变化[J].西北农业学报,2008,17(4):229-233.
- [4] 刘侯俊.陕西省果园养分状况和钾肥肥效研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,2:361-367.
- [5] 杨世琦,张爱平,杨淑静,等.典型区域果园土壤有机质变化特征研究[J].中国生态农业学报,2009,17(6):1124-1127.
- [6] 刘启明,王世杰,朴河春.农林生态系统的转变对土壤有机质影响的示踪 $\delta^{13}\text{C}$ 研究[J].第四纪研究,2001,21(5):99.
- [7] 王清奎,汪恩龙,冯宗炜,等.杉木人工林土壤有机碳研究[J].应用生态学报,2004,15(10):1947-1952.
- [8] 张电学,韩志卿,王秋兵,等.长期不同施肥制度下土壤有机质质量动态变化规律[J].土壤通报,2001,23(4):167-169.
- [9] 陈桂秋,黄道友,苏以荣,等.红壤丘陵区土壤不同利用方式对土壤有机质的影响[J].农业环境科学学报,2005,24(2):256-260.
- [10] 王留好,同延安,刘剑.陕西渭北地区苹果园土壤有机质现状评价[J].干旱地区农业研究,2007,25(6):189-192.
- [11] 张义,谢永生,郝明德,等.黄土高原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.
- [12] 甘卓亭,张掌权,陈静,等.黄土高原区苹果园土壤有机碳分布特征[J].生态学报,2010,30(8):2135-2140.
- [13] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
- [14] 朱连奇,朱小立,李秀霞.土壤有机碳研究进展[J].河南大学学报,2006,36(3):72-75.
- [15] DORAN J W, ZEISS M R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality[J]. Appl. Soil Ecol, 2000, 15: 3-13.
- [16] 殷瑞敬,温晓霞,廖允成,等.耕作和覆盖对苹果园土壤酶活性的影响[J].园艺学报,2009,36(5):717-722.
- [17] 李会科,张广军,赵正阳,等.生草对黄土高原旱地苹果园土壤性状的影响[J].草业学报,2007,16(2):32-39.
- [18] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [19] 董远茂,顾爱加,束怀德.山东省苹果园土壤营养成分分析[J].果树科学,1997,14:35-37.
- [20] Grams G, Voigt K-D, Kirsche B. Oxidoreductase enzymes liberated by plant roots and their effects on soil humic material[J]. Chemosphere, 1999, 38:1482-1494.
- [21] 马成泽.有机质含量对土壤几项物理性质的影响[J].土壤通报,1994,25(2):65-67.
- [22] 单秀枝,魏由庆,严慧峻,等.土壤有机质含量对土壤水力学参数的影响[J].土壤学报,1998,35(1):1-9.
- [23] 杨洪强,束怀德.苹果根系研究[M].北京:科学出版社,2007.
- [24] 陈华葵,樊庆莹.微生物学[M].北京:中国农业出版社,1979.
- [25] 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1987.
- [26] 和文祥,朱锦毅.陕西土壤脲酶活性与土壤肥力关系研究.土壤脲酶的动力学特征[J].土壤学报,1997,34(4):392-397.
- [27] Edmeades D C. Nitrification and Urease Inhibitors[M]. Whatcott: Environment Bay of Plenty, Environmental Publication, 2004:1-32.
- [28] 倪秀菊,李玉中,徐春英,等.土壤脲酶抑制剂和硝化抑制剂的的研究进展[J].中国农学通报,2009,25(12):145-149.
- [29] 王鑫,刘建新,张希彪,等.黄土高原半干旱地区土地利用变化对土壤养分、酶活性的影响研究[J].水土保持通报,2007,27(6):50-55.
- [30] Iovieno P, Leone A, Pagano L, et al. Effect of organic and mineral fertilizers on soil respiration and activities of two Mediterranean horticultural soil[J]. Bio Fertil Soil, 2009, 45:555-561.
- [31] 王颖,许广波,刘文利.苹果梨园土壤酶活性初报[J].土壤通报,2005,36(3):383-386.
- [32] 许静,刘海轮,和文祥,等.施肥对脱县烟田土壤酶活性的影响[J].西北农业学报,2010,19(11):173-177.

Soil organic matter and enzyme activity in orchards of Weibei

SHI Zong-lin¹, WANG Yi-quan¹, ZHANG Lu¹, YU Jian-bo^{1,2}, JIAO Cai-qiang¹, RAN Yan-ling¹

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

2. Fruit Industry Bureau of Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710018, China)

Abstract: The research is to study the evolution tendency of soil quality in Weibei orchards and to analyse the effect of soil factors on sustainable development of apple trees. Three different ages of apple orchards were selected which were < 10a, 10 ~ 20a, > 20a in Weibei dry plateau, with the soil in farmland as comparison, and the variation characteristics of soil organic matter, catalase, urease, alkaline phosphatase activity were studied bed-by-bed in 0 ~ 100 cm soil layer. With the growing of planting age, the content of soil organic matter was cumulated with varying degree, obviously even accumulated in > 20a orchards in 0 ~ 20 cm surface layer, and decreased at the preliminary planting time, and increased after 20 years in 20 ~ 40 cm layer. The changes of soil enzyme activities of the three kinds of orchards were mainly concentrated in 0 ~ 40 cm layer, and catalase activity were decreased in 0 ~ 40 cm layer and were significantly less than farmland within 0 ~ 100 cm layer, urease activity were increased with varying degree in 0 ~ 40 cm layer, and phosphatase activity showed relatively high momentum in 0 ~ 40 cm layer. Correlation analysis showed that the soil organic matter was remarkable related with the three soil enzymes. It can be obtained that reducing significantly the catalase activity and increasing urease activity in surface layer may have some effect on the growth of apple trees.

Keywords: Weibei orchard; soil organic matter; soil enzyme activity