

# 梨树弃枝粉碎还田对梨园土壤理化性质 和梨生长的影响

刘 莉, 史 昊, 栾晓龙, 张倩男, 朱立武, 贾 兵\*

(安徽农业大学 园艺学院, 合肥 230036)

**摘 要:**以梨树品种‘金蜜梨’为对象,于2017—2018年进行梨树枝条粉碎覆盖还田试验,设置不还田( $0\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ ,对照)、低量还田( $4\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ )、常规量还田( $8\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ )和高量还田( $12\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ )4个施用量处理,考察不同施用量处理对梨园土壤矿质元素含量、土壤微生物数量、土壤酶活性、梨树新生枝条生长状况、梨树叶片生长状况和梨果实品质等的影响,探讨梨树冬季修剪废枝还田的效果和资源化利用途径。结果显示:(1)梨树枝条常规量还田处理使梨园土壤有机质、全锰、全铁、全铜、全锌、全硼、全钙、全镁、全硫、全氮、硝态氮、速效钾和有效磷含量均显著提高,梨园土壤pH值显著上升;而高量还田处理使土壤中全锰、全锌以及硝态氮含量显著降低,低量还田处理也使土壤中全硫、全磷和有效磷含量显著降低。(2)常规量还田处理显著增加了梨园土壤真菌和放线菌数量,同时显著提高了土壤过氧化氢酶活性;高量还田处理使土壤过氧化物酶活性显著下降,但显著增加了土壤中细菌数量。(3)梨树新生树枝直径在低量还田处理下显著增加,但其叶片百叶厚、百叶重、叶绿素含量和类胡萝卜素含量在各处理组间均无显著变化。(4)常规量还田处理使梨果实单果重、果实纵径、Vc含量以及果实硬度显著增加,但果实的可滴定酸含量显著下降,促使果实品质明显提高。研究表明,冬季适量梨树枝条粉碎覆盖还田能显著提高梨园土壤矿质元素含量和有机质含量,有效改善土壤酸化状况,增加土壤真菌和放线菌数量及其相关土壤酶活性,促进梨树新生枝条生长,提高果实品质;该试验条件下短期内以改善土壤综合性质为目的最佳枝条还田量为 $8\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ 。

**关键词:**梨树;废弃枝条粉碎还田;土壤特性;梨树生长;果实品质

中图分类号:Q945.79;S661.2

文献标志码:A

## Effects of Returning Discarded and Crushed Pear Tree Branches to Field on Soil Physicochemical Properties and Pear Growth in Pear Orchard

LIU Li, SHI Hao, LUAN Xiaolong, ZHANG Qiannan, ZHU Liwu, JIA Bing\*

(College of Horticulture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** To explore the effect of returning discarded and crushed pear tree branches to the field and make discarded branches get resourceful use, we conducted a trial of pear tree branches crushing and mulching to return to the field from the year of 2017 to 2018 with ‘Jinmi’ pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai ‘Jinmi’) as the object. This experiment was carried out with four treatments: no discarded branches return ( $0\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ , CK), low volume of discarded branches return ( $4\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ ,  $T_1$ ), conventional volume of discarded branches return ( $8\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ ,  $T_2$ ) and high volume of discarded branches return ( $12\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ ,  $T_3$ ), then their effects on soil mineral element content, soil microbial content, soil enzyme activities, pear newborn branch growth condition, pear leaf growth condition and pear fruit quality in pear or-

收稿日期:2021-02-19;修改稿收到日期:2021-06-02

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-29-14);梨树和桃树化肥减施增效关键技术与产品研发(2018YFD0201401);安徽省大学生创新创业项目(S202010364243, S202010364244, XJDC2020399)

作者简介:刘 莉(1980—),女,博士研究生,副教授,研究方向为果树资源遗传与育种。E-mail:81735296@qq.com

\* 通信作者:贾 兵,博士,副教授,研究方向为果树栽培生理与生物技术。E-mail:jb1977@ahau.edu.cn

chard were discussed. The results were shown as follows: (1) about mineral elements in soil: under  $T_2$  treatment, the contents of organic matter (OM), total manganese (Mn), total iron (Fe), total copper (Cu), total zinc (Zn), total boron (B), total calcium (Ca), total magnesium (Mg), total sulfur(S), total nitrogen (TN), nitrate nitrogen, available potassium (AK) and available phosphorus (AP) in soil returned notably increased, and the Pear Orchard's pH value markedly increased, improving the soil acidification. However,  $T_3$  treatment significantly decreased the total manganese, total zinc, and nitrate nitrogen contents in the soil.  $T_1$  treatment also significantly reduced the total sulfur, total phosphorus and available phosphorus contents in the soil. (2) About the soil microbes and soil enzyme activity:  $T_2$  treatment significantly increased the number of soil fungi and actinomycetes in the pear orchard, and at the same time significantly increased the activity of soil catalase; Although  $T_3$  treatment significantly decreased the activity of soil peroxidase, it significantly increased the number of bacteria in the soil. (3) About pear tree growth: the diameter of the new branches of pear trees increased significantly under the  $T_1$  treatment. However, no matter under which treatment, the leaf thickness, leaf weight, chlorophyll content and carotenoid content of the pear trees did not change apparently. (4) About pear fruit quality:  $T_2$  treatment significantly increased the pear fruit weight, vertical and horizontal length, Vc content, and fruit hardness, but the titratable acid content of the pears decreased significantly, which promoted a significant improvement in fruit quality. The above conclusions show us that returning the appropriate amount of pear branches crushed and mulched in winter can significantly improve the soil mineral element content and organic matter content, effectively improve soil acidification, increase the number of soil fungi and actinomycetes and their related soil enzyme activities, promote the growth of new branches and improve fruit quality. In conclusion, under this experimental conditions, the best amount of branches returned to the field for the purpose of improving the comprehensive properties of soil properties in a short time was  $8\text{ kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ .

**Key words:** pear tree; returning discarded and crushed branches to field; soil properties; pear tree growth; fruit quality

中国是世界上梨栽培面积最大的国家,2017 年中国梨树栽培总面积达  $96\text{ 万 hm}^2$  左右,总产量约  $1\,653\text{ 万 t}$ ,分别占世界总面积和总产量的  $69.1\%$  和  $68.4\%$ <sup>[1]</sup>。果树修剪是调节果树生长的必要措施,其产生的废弃枝条数量庞大,据估算,2017 年仅山东省果树修剪枝条可为土壤提供  $154\text{ 万 t}$  的有机质,以及超过  $4\text{ 万 t}$  的大量元素和  $1\text{ 万 t}$  的微量元素养分<sup>[2]</sup>。

枝条中含有丰富的纤维素、木质素、蛋白质、糖类和脂肪等有机质,以及各种大中微量无机养分<sup>[3]</sup>,是宝贵的农业资源,因此,梨树枝条资源的开发和利用有着非常广阔的前景。但是由于修剪的废弃枝条处理费时费力,长期囤积又易产生病虫害,因此大部分枝条都作为最普通的生物能源被直接燃烧,但这种最直接、最常见的利用方式只利用了有机物所固有的热量,而有机物本身的 C、N 和 P 等元素在燃烧时被氧化而形成挥发性气体被浪费<sup>[4]</sup>,这些浪费的营养元素若是用化肥来补充,不但浪费化肥资源本身,还浪费了 in 开采和加工化肥时所消耗的能量。同时,燃烧枝条还潜伏着危害公众健康的更大隐患,由于枝条中含有大量的易燃木质素,它在燃烧过程中会产生多种多环芳烃类化合物,是强烈的致癌污染物<sup>[5]</sup>。可见,修剪枝条的传统处理方式亟待改善。

枝条还田作为一种新型的土壤管理模式,在不同果园中均有应用。梨园修剪枝条覆盖还田可增加土壤微生物的碳、氮含量,以及真菌和细菌数量,并提高果实可溶性糖含量,有助于果实提前上市<sup>[6]</sup>。目前废弃枝条的再利用方式多以腐熟发酵的工艺来提高土壤肥力,其中君广斌等利用静态枝条堆腐技术将苹果枝条进行腐熟发酵,pH 值在 8 左右<sup>[7]</sup>,其营养指标检测值符合中国有机肥料的标准。Lopez-Urrea R 等<sup>[8]</sup>的研究表明将葡萄枝条等修剪废料制成有机草皮,可能是一种可以大面积使用且可以有效减小土壤蒸发并提高作物水分生产率的方法。宁留芳等研究表明,向土壤中施入发酵苹果树枝碎屑能有效增加干周增长量和新根数量,促进根系生长发育,并促使根系结构复杂化,进一步提高苹果树净光合速率<sup>[9]</sup>。尽管果树枝条腐熟还田是废弃物肥料化利用的重要途径,但枝条还田技术不成熟、还田效果不明显等问题导致果农意愿不强,废弃的枝条尚未得到充分有效利用。因此,本研究以操作性更强、使用更便捷的枝条直接还田的方式,设置不同的梨树枝条还田量,分析梨园土壤物理、化学、微生物性质的变化特征和梨树新生枝条及叶片的生长状况,以及果实的产量和品质差异,以期得到高效且便

捷的利用梨园修剪枝条的方式,并初步确认最佳还田量区间,为枝条还田技术在果树产业的发展中发挥作用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于武汉市江夏区金水闸湖北省农业科学研究院果树茶叶研究所国家果树种质武昌砂梨圃(N30°17'43",E114°08'37")。该地属亚热带湿润季风气候,年平均温度16.8℃,年日照时数1800~2000h,10℃年积温4500~5200℃,年平均降雨量1100mm,无霜期266d,海拔36m。试验地土壤为砂质红壤土,有机质(OM)含量16.84g·kg<sup>-1</sup>,全氮(TN)含量1.19g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮(AN)含量85.44mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷(AP)含量126.97mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾(AK)含量264.46mg·kg<sup>-1</sup>,pH5.73。年灌水量45000kg·hm<sup>-2</sup>。供试梨树品种为‘金蜜梨’,树龄12年,株行距2m×4m。

### 1.2 试验设计

本试验共设置不还田(CK,园艺地布覆盖)、低量还田(T<sub>1</sub>,4kg·plant<sup>-1</sup>枝条粉碎物覆盖)、常规量还田(T<sub>2</sub>,8kg·plant<sup>-1</sup>枝条粉碎物覆盖)和高量还田(T<sub>3</sub>,12kg·plant<sup>-1</sup>枝条粉碎物覆盖)4个处理。每个处理选择长势一致的5株梨树予以标记,作为5次重复;于2016年11月将修剪的一年生枝条,使用秸秆粉碎机粉碎成2~3cm小段,自然晾干;于2017年3月10日,按照试验设计将不同量的枝条粉碎物均匀覆盖于梨树树盘。参试梨树按南北向分布在同一行,株距2m,行距4m,各处理的其他管理措施保持一致,在不同处理间挖宽100cm、深60cm的深沟作为隔断,并于第2年及之后的每年冬季进行深耕。

### 1.3 梨树立地土壤指标的测定

2018年7月中旬(梨果实成熟期),去除梨树树盘表面覆盖物,在距离树干30cm半径处随机选取5个点,用土钻采集0~40cm土层土壤,剔除石块、草根、枝条等肉眼可见的杂物,混合均匀后等分为3份,一份于4℃冰箱保存,用于测定土壤微生物数量;一份风干后,用于土壤pH、矿质元素含量、有机质含量测定;一份用于土壤过氧化物酶、脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性的测定。

**1.3.1 土壤矿质元素含量** 每个试验处理组选取3份样本送安徽省地质实验研究所检测。以EDTA滴定法测定土壤全钙(Ca)、全镁(Mg)含量;以原子

吸收分光光度法测定土壤全锰(Mn)、全铁(Fe)、全铜(Cu)和全锌(Zn)含量;以醋酸铵-火焰光度计法测定速效钾(AK)含量;以碳酸氢钠法测定土壤有效磷(AP)含量;以碱解扩散法测定土壤硝态氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)含量;以电感耦合等离子体质谱法测定土壤全硼(B)、全钼(Mo)含量<sup>[10]</sup>。以凯氏法测定土壤全氮(TN);以火焰光度计法测定土壤全钾(TK)含量;以钼锑抗分光光度法测定全磷(TP)含量;以硫酸钡比浊法测定土壤全硫(S)含量;以电位法测定土壤pH;以TOC分析仪测定土壤有机质(OM)含量<sup>[11]</sup>。

**1.3.2 土壤微生物数量** 土壤细菌、放线菌、真菌数量的测定均采用稀释平板法。细菌采用牛肉蛋白胨培养基,以稀释度为10<sup>-7</sup>~10<sup>-4</sup>土壤稀释液接种;真菌采用孟加拉红马丁氏琼脂培养基,以稀释度为10<sup>-2</sup>~10<sup>-5</sup>土壤稀释液接种;放线菌采用淀粉铵盐琼脂培养基,以稀释度为10<sup>-6</sup>~10<sup>-3</sup>土壤稀释液接种。接种后按照不同微生物生长温度置于恒温培养箱内培养,细菌、真菌、放线菌分别培养2~3d、3~5d、2~4d,期间检查记录微生物数量<sup>[12]</sup>。

**1.3.3 土壤酶活性** 土壤过氧化物酶、脲酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性均采用南京建成生物工程研究所生产的酶活性试剂盒进行测定。其中,土壤过氧化物酶以每小时每克土样在反应体系中使650nm处吸光值增加0.1为1个酶活力单位,表示为△OD<sub>650</sub>·h<sup>-1</sup>·g<sup>-1</sup>;土壤脲酶以每天每克土样中产生1μgNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N为1个酶活力单位,表示为μg·g<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>;土壤过氧化氢酶以每小时每克土样催化1μmolH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>降解定义为1个酶活力单位,表示为μmol·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>;土壤蔗糖酶以每天每克土样中产生1mg还原糖定义为一个活力单位,表示为mg·g<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>。

### 1.4 梨树相关指标观测

**1.4.1 枝叶生长情况** 选取各处理的每棵梨树东、西两侧枝条各2条,总计4条,5次重复,共计20条。以电子游标卡尺测定其长度和直径;随机选取各处理的每棵梨树东、南、西、北及上方5个方位下各10枚叶片,共计50片,5次重复,总计250片。随机混样后以电子分析天平测定其百叶重,以游标卡尺测量其百叶厚,并采用丙酮提取比色法测定其叶绿素含量。

**1.4.2 果实品质** 于2020年9月采集梨果实,在每个处理植株的东、西、南、北、中等5个方位各取1个果实、共5个果实为1个样品,分别取5株树,作为5次重复,测定梨果实品质指标。使用电子天平称量果实质量,并根据平均质量计算总产量。使用

硬度计测定果实硬度,使用游标卡尺分别测量果实的纵径和横径,并计算出果形指数。可溶性固形物含量(糖度)用DR401型数显折射仪测定,可滴定酸含量采用氢氧化钠中和法测定,还原糖含量采用蒽酮显色法测定。

### 1.5 数据分析

试验数据运用单因素方差分析(ANOVA)的方法,以Duncan多重极差法进行各处理的平均值检验,并以Excel 2019、GraphPad Prism 8和SPSS 23软件(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)在0.05水平上计算最小显著性差异(LSD)值,检测各处理间的差异显著性。

## 2 结果与分析

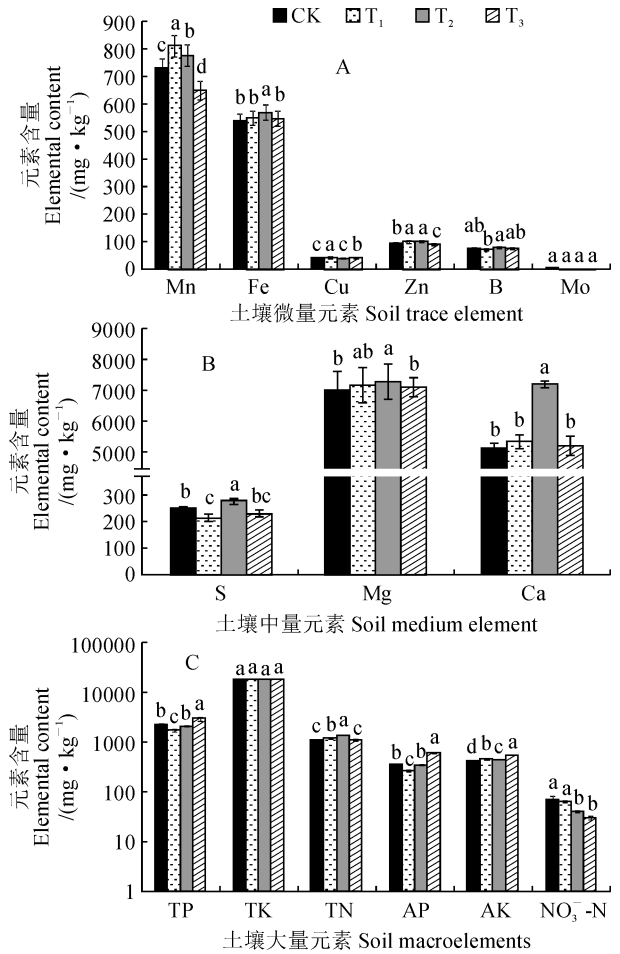
### 2.1 梨树枝还田对梨园土壤矿质养分的影响

在微量元素含量方面,各处理梨园土壤Mn和Fe含量明显较高,Zn、B和Cu含量明显较低,而Mo含量最低。其中,土壤Mn含量表现为 $T_1 > T_2 > CK > T_3$ ,且各处理与对照之间均存在显著差异;土壤Fe含量在 $T_2$ 处理中显著高于CK,在其余各处理中均稍高于CK;土壤Cu含量在 $T_1$ 和 $T_3$ 处理中显著高于CK,而在 $T_2$ 处理中与CK无显著差异;Zn含量在 $T_1$ 和 $T_2$ 处理中均显著高于CK,在 $T_3$ 处理中显著低于CK;土壤B和Mo含量在各处理中均与CK无显著差异(图1,A)。可见,树枝低量还田可以显著提高梨园土壤Mn、Cu和Zn含量,常规量还田可显著提高土壤Mn、Fe和Zn含量,高量还田可显著提高土壤Cu含量,却显著降低了土壤中原有的Mn和Zn含量,各还田处理对土壤原有的B和Mo含量均无显著影响。梨树在生产过程中经常出现缺铁黄化现象,严重影响梨树的生长与发育,常规量还田土壤Fe含量显著高于其他各处理,这一点对于避免梨树缺铁黄化可以起到一定的改善作用<sup>[13]</sup>。

在土壤中量元素含量方面,Mg和Ca含量远高于S含量。其中,土壤S含量在 $T_2$ 处理中显著高于CK及其他各处理, $T_1$ 处理则显著低于CK, $T_3$ 处理与CK、 $T_1$ 均没有显著差异;土壤Mg含量在 $T_1$ 和 $T_3$ 处理中均与CK没有显著差异,在 $T_2$ 处理下显著高于CK和 $T_3$ 处理;Ca含量在 $T_2$ 处理中显著高于CK和其他各处理,其他各处理与CK没有显著差异(图1,B)。即树枝低量还田显著降低了土壤原有的S含量,常规量还田显著提高了土壤中Mg、S和Ca含量,高量还田处理对土壤中量元素没有产生显著影响。

在土壤大量元素方面,梨园土壤K含量在各处

理及对照间均无显著性差异,但是速效钾(AK)含量在各处理中均显著高于对照,并以 $T_3$ 处理最高且显著高于其他各处理;土壤全磷(TP)含量和有效磷(AP)含量在各处理中表现出一致的变化趋势,均以 $T_3$ 处理最高并显著性高于CK, $T_2$ 处理与CK无显著差异, $T_1$ 处理则显著低于CK;土壤全氮(TN)含量在 $T_1$ 和 $T_2$ 中均显著高于CK,而在 $T_3$ 处理中与CK无显著差异;土壤硝态氮( $NO_3^-$ -N)含量在 $T_1$



CK. 0 kg · plant<sup>-1</sup>; T<sub>1</sub>. 4 kg · plant<sup>-1</sup>; T<sub>2</sub>. 8 kg · plant<sup>-1</sup>; T<sub>3</sub>. 12 kg · plant<sup>-1</sup>; TP. 全磷; TK. 全钾; TN. 全氮; AP. 有效磷; AK. 速效钾; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N. 硝态氮; 相同指标内不同小写字母表示处理间在 0.05 水平存在显著性差异; 下同

图1 不同枝条还田处理下梨园土壤矿质元素含量的变化

CK. 0 kg · plant<sup>-1</sup>; T<sub>1</sub>. 4 kg · plant<sup>-1</sup>; T<sub>2</sub>. 8 kg · plant<sup>-1</sup>; T<sub>3</sub>. 12 kg · plant<sup>-1</sup>. TP. Total phosphorus; TK. Total potassium; TN. Total nitrogen; AP. Available phosphorus; AK. Available potassium; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N. Nitrate nitrogen; Each series is marked with the different normal letters indicating that the difference between treatments in the same column reached 5% significant level;

The same as below

Fig. 1 The content of mineral elements in pear orchard soil under returning branches to field



处理中稍低于CK,在 $T_2$ 与 $T_3$ 处理中显著低于CK(图1,C)。另外,梨园土壤P和K两种元素含量表现出不符合规律的变化,暂时推断为枝条分解后导致土壤中P和K过量无法被树体吸收,从而产生了富集现象。

2.2 梨树枝还田对土壤有机质含量及 pH 的影响

图2显示,梨园土壤pH值在不同处理间均存在显著差异, $T_1$ 处理(6.28)、 $T_2$ 处理(6.17)和 $T_3$ 处理(5.39)均显著高于对照(5.29);同时,土壤有机质(OM)含量在各处理中也表现出与pH值相似的变化趋势,在 $T_1$ 和 $T_2$ 处理中显著高于CK,在 $T_3$ 处理时与CK差异不显著。这初步说明适量的枝条还田能有效改善土壤的酸化状况和有机质含量,但并不是添加废枝数量越多越好,其中的低量和常规量还田处理的效果较好,而高量还田处理对土壤pH和有机质含量的改善能力下降。

2.3 梨树枝还田对土壤酶活性的影响

从图3可知,梨园土壤脲酶活性在 $T_3$ 处理下低于CK,但各处理与CK之间均没有显著性差异(图3,A);土壤蔗糖酶活性在各树枝还田处理及其对照间均没有显著性差异(图3,B);土壤过氧化氢酶活性在 $T_1$ 和 $T_2$ 处理下显著高于CK,在 $T_3$ 处理下与CK差异没有达到显著性水平(图3,C);土壤过氧化物酶活性在 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$ 处理下均比CK产生不同程度降低,但仅 $T_3$ 处理显著低于CK和其他处理(图3,D)。可见,低量和常规量树枝还田处理仅使梨园土壤过氧化氢酶活性显著增强,高量还田

处理仅使土壤过氧化物酶活性显著降低,而各还田处理对其他土壤酶活性均无显著影响。

2.4 梨树枝还田对土壤微生物数量的影响

梨园土壤真菌的数量在 $T_1$ 与 $T_2$ 处理之间无显著性差异,但它们均显著高于CK与 $T_3$ 处理,而 $T_3$ 处理与CK之间没有显著性差异(图4,A);土壤放线菌数量在 $T_1$ 处理显著高于其他各处理和CK, $T_2$ 处理又显著高于 $T_3$ 处理与CK,而后两者之间没有显著性差异(图4,B);土壤真菌数量在各枝条还田处理下均不同程度高于CK,但仅 $T_3$ 处理增幅达到显著水平,而在 $T_1$ 、 $T_2$ 和 $T_3$ 处理之间均无显著性差异(图4,C)。以上结果说明低量和常规量还田处理显著增加了梨园土壤中真菌和放线菌数量,高量还田处理则显著增加了土壤中细菌数量。

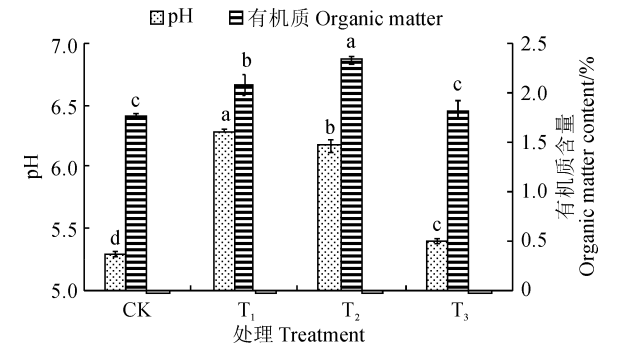


图2 不同枝条还田处理下梨园土壤pH值和有机质含量的变化

Fig. 2 The soil pH and organic matter content in pear orchard soil under treatments returning branches to field

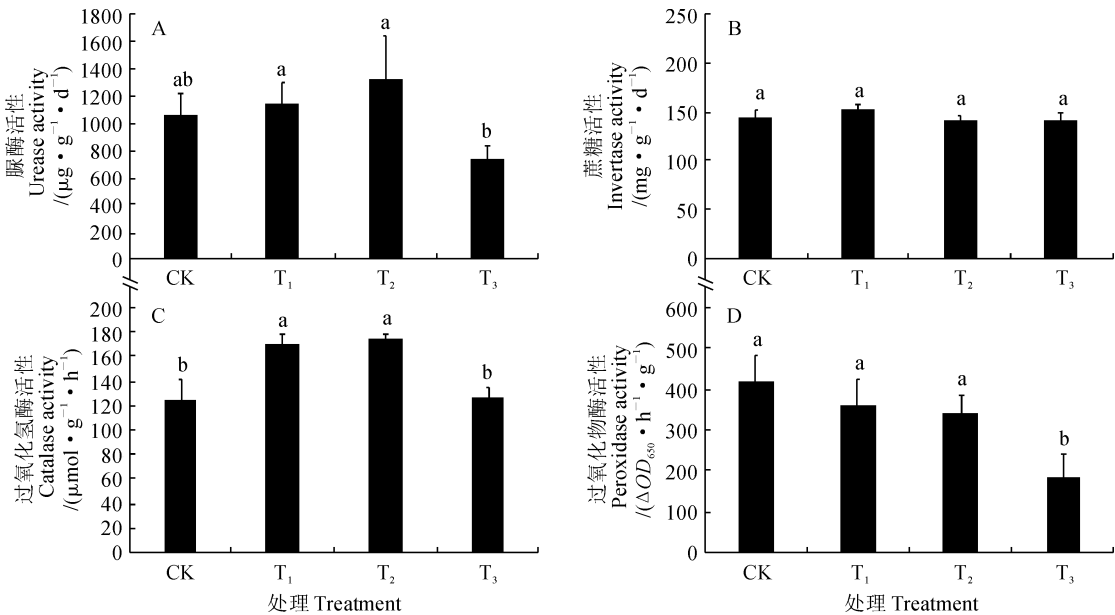


图3 不同枝条还田处理下梨园土壤酶活性的变化

Fig. 3 The enzyme activities in pear orchard soil under treatments returning branches to field

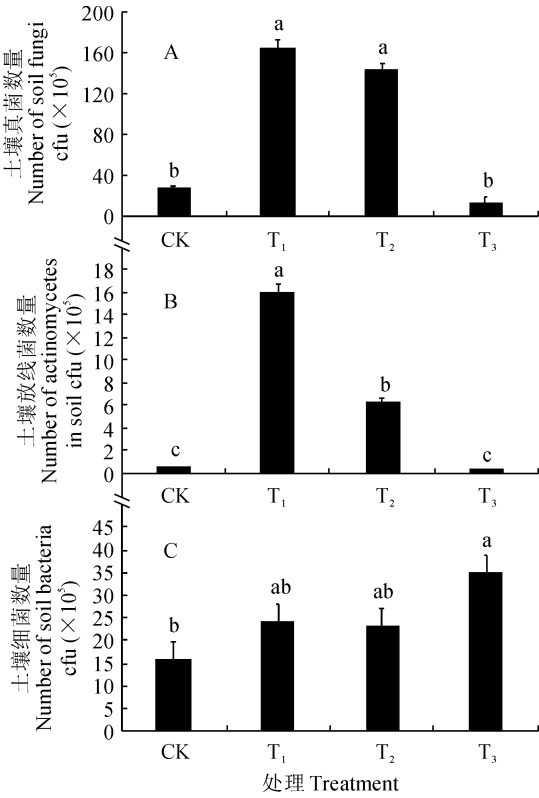


图4 不同枝条还田处理下梨园土壤微生物数量的变化  
Fig. 4 The microbial number in pear orchard soil under treatments returning branches to field

2.5 梨树枝还田对梨树新生树枝及树叶生长的影响

梨树新生树枝长度在 T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理下比 CK 有所增加,在 T<sub>3</sub> 处理下有所减少,但各处理与 CK 之间均没有显著性差异,而 T<sub>1</sub> 处理显著高于 T<sub>3</sub> 处理(图 5,A);同时,新生树枝直径在 T<sub>1</sub> 处理下比 CK 显著增加,而在 T<sub>2</sub> 和与 T<sub>3</sub> 处理下与 CK 之间均没有显著性差异,而 T<sub>1</sub> 处理同样显著高于 T<sub>3</sub> 处理(图 5,B)。另外,梨树新生树枝百叶厚和百叶重,以及叶片叶绿素含量和类胡萝卜素含量在各枝条还田量处理下均未发生显著性变化,且各处理之间也不存在显著性差异(图 5,C—F)。说明梨树新枝条直径和长度在树枝常规量与高量还田处理下均没有受到显著影响,在低量还田处理下受到促进作用最大,但仅对直径的促进效果达到显著水平;而新枝百叶厚、百叶重以及叶片叶绿素含量和类胡萝卜素含量均没有受到枝条还田处理的显著影响。

2.6 梨树枝还田对梨果实品质的影响

图 6 显示,梨树果实单果重、Vc 含量、果实纵径和果实横径均在 T<sub>2</sub> 处理下最高,并与其他各处理和 CK 均存在显著性差异,而其他各处理及 CK 之间均无显著性差异,这说明 T<sub>2</sub> 处理在果实大小和 Vc

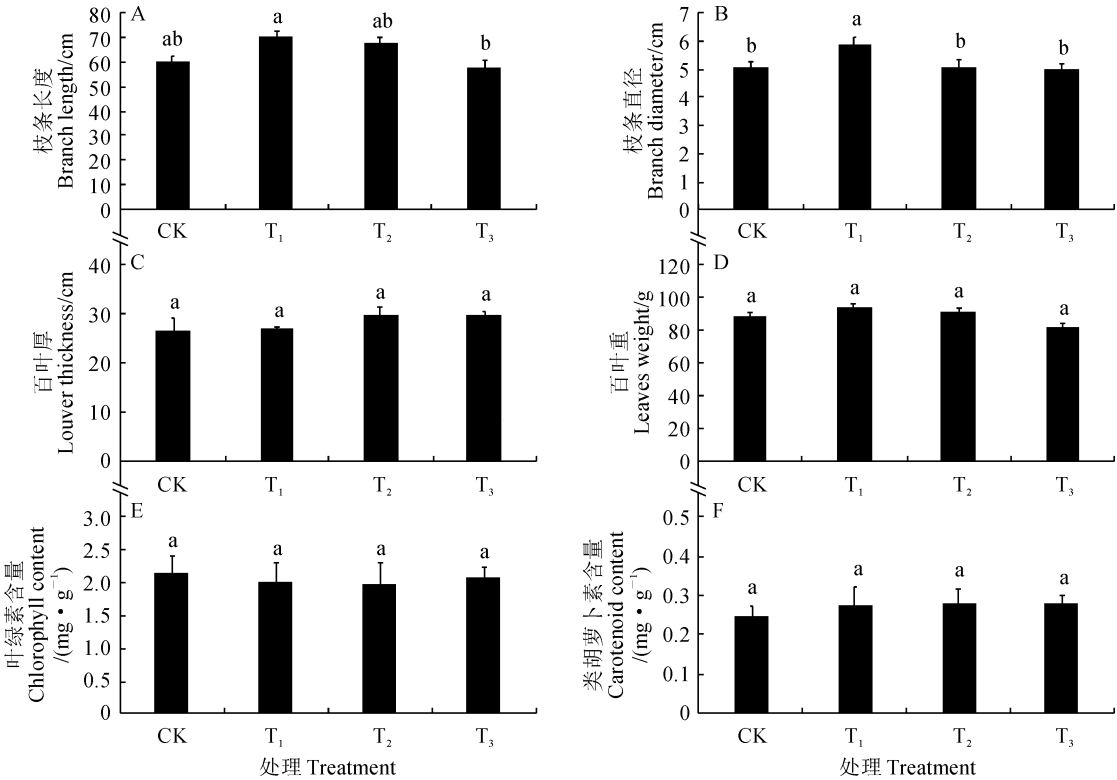


图5 不同枝条还田处理下梨树新生枝条及其叶片相关性状的变化

Fig. 5 The new branch and its leaves characteristics of pear trees under treatments returning branches to field

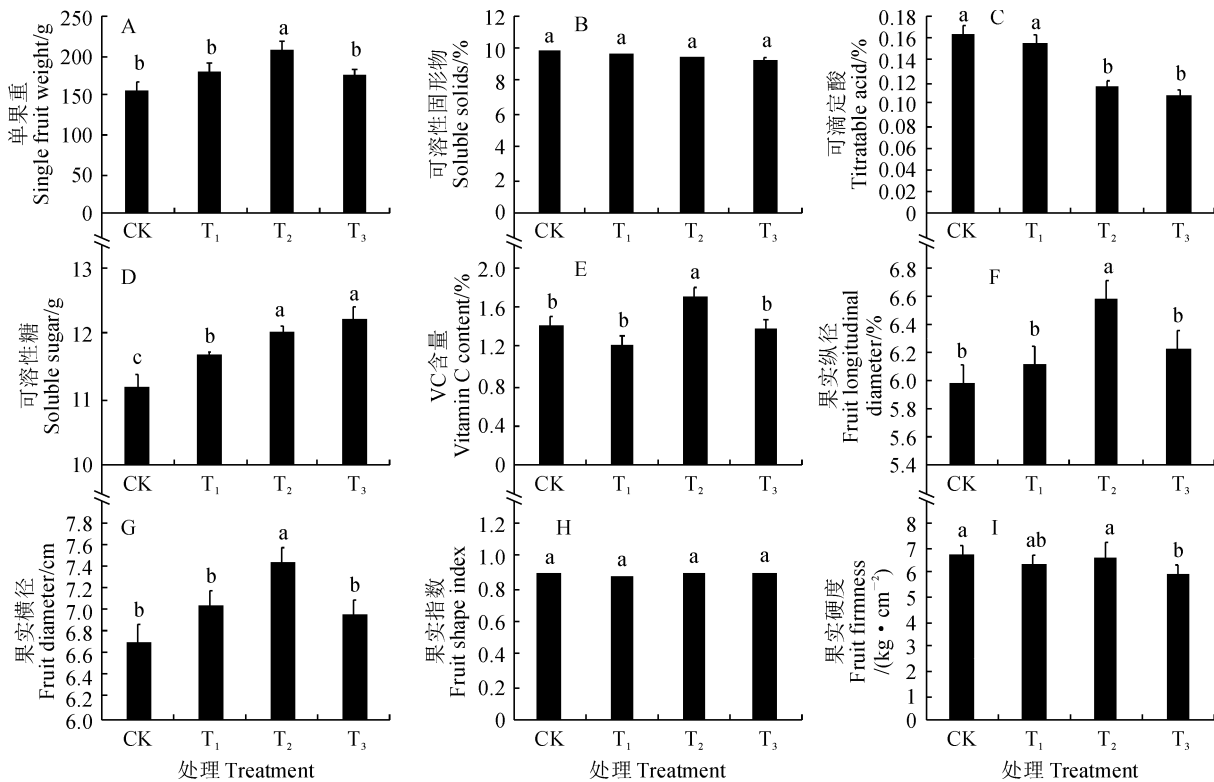


图 6 不同枝条还田处理下梨树果实品质的变化

Fig. 6 The fruit quality of pear trees under treatments returning branches to field

含量两方面表现最优;果形指数和可溶性固形物含量在各处理及其对照间均没有显著性差异,说明这两个指标在梨园土壤中施入粉碎枝条后没有受到显著影响;果实可滴定酸含量在 T<sub>1</sub> 处理下比 CK 稍有降低,而在 T<sub>2</sub> 和 T<sub>3</sub> 处理下比 CK 显著降低,同时 T<sub>2</sub> 和 T<sub>3</sub> 也显著低于 T<sub>1</sub> 处理,果实的口感在可滴定酸含量越低时越佳,因此 T<sub>2</sub> 与 T<sub>3</sub> 处理在可滴定酸含量方面表现较优;果实可溶性糖含量随着废枝的施入量增加而逐渐增加,且各处理的增幅均达到显著水平,而 T<sub>2</sub> 和 T<sub>3</sub> 处理间无显著性差异,这说明 T<sub>2</sub> 与 T<sub>3</sub> 之间的废枝还田量为最佳处理;果实硬度在 T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理下均与 CK 间无显著性差异,但在 T<sub>3</sub> 处理下显著低于 CK 和 T<sub>2</sub> 处理。由于果实硬度决定了果实在运输过程中的完整性,因此果实硬度的表现显得更为重要,因此改善硬度方面最优选处理为 T<sub>2</sub>。综合考虑梨果实的单果重、纵横径、果形指数、硬度对运输性的影响和糖酸比对口感的影响,认定梨果实品质以常规量还田处理表现最佳。

### 3 讨 论

在土壤微生物中细菌占总量的 70%~90%,他们个体小、代谢强、繁殖快、与土壤接触表面积大,是

土壤中最活跃的因素。而真菌是异养型微生物,其生长离不开有机养料,有机肥料富含有机质,非常适合真菌的繁殖。放线菌主要参与后期有机物质的分解,对木质素的分解起着非常重要的作用<sup>[14]</sup>。树枝还田后,由于土壤微生物在分解树枝过程中,需要同化土壤碳素和吸收速效氮素,以合成新的细胞体<sup>[15-16]</sup>,因而在树枝常规量还田和高量还田梨园土壤硝态氮含量下降,同时在高量还田土壤中细菌数量显著增加也说明了这一点;随着废枝还田施用量达到一定程度时,土壤中的微生物无法及时分解废枝,同时废弃枝条中的酸性物质也会在一定程度上抑制微生物的繁殖,因此在施用废枝的量过大时会出现抑制作用,导致本试验中高量还田土壤放线菌与真菌数量显著降低,树枝低量和常规量还田土壤中真菌和放线菌数量均比对照显著增加。说明在施用低量与常规量枝条还田时可以有效提高梨园土壤肥力;树枝高量还田土壤中细菌数量显著增加是由于加入过量还田树枝导致了细菌快速繁殖,相关还田处理土壤硝态氮含量的测定结果也说明了该现象,同时这一点在很多前人研究中得到了证实。在本试验中,低量还田、常规量还田和高量还田的梨园土壤 pH 与对照相比均显著提高,同时有关葡萄枝条还田的试验也证明加入枝条后可以增加土壤

pH,进而改善土壤肥力<sup>[17]</sup>。

钙是影响果树健康和果品质量的重要营养元素之一,在延缓果树衰老、调节果实品质和改善果实贮藏性能等方面,具有其他矿质元素无法替代的重要作用<sup>[18]</sup>。钙处理的梨果更耐贮藏,皮部花斑麻点少,且果皮不易皱缩。钙素不足,梨树体及果实易发生如黑心病等多种生理病害。同时钙含量较高时可以提高梨树单果重、果实硬度和 Vc 含量<sup>[19]</sup>。在本试验中,树枝常规量还田土壤的 Ca 含量显著提高,同时其梨果实的单果重、果实纵横经以及果实硬度等指标都显著提高,因此,常规量还田为较优处理。

同时,在本试验中也考虑到了梨枝条还田时产生的病虫害现象。在胡可等研究中也表明,在施用适量有机肥后,土壤微生物对碳底物利用能力提高,土壤微生物代谢能力加强会使其活性提高,从而改善其功能和结构,以维持土壤微生物生态平衡,并且抑制病虫害发生<sup>[20]</sup>。另外,钟书堂等研究表明施用生物有机肥显著增加了土壤微生物含碳量以及可培养芽孢杆菌、细菌、放线菌数量,抑制了尖孢镰刀菌生长繁殖,改善了可培养细菌的群落结构组成<sup>[19]</sup>,有助于有益细菌数量的增加并抑制土传病害发生,从而达到防治香蕉枯萎病的发生和实现增产目的。张鹏等研究结果表明,在长期连作辣椒和番茄土壤中施用生物有机肥,能够调控根际微生物群落结构,改良根际微生物区系,从而得以防治土传青枯病和促进作物生长<sup>[20]</sup>。张连忠等<sup>[21]</sup>指出施用生物有机肥之后,果园根区土壤微生物数量显著增加,细菌占土壤微生物的绝对优势,生物有机肥明显降低 Cd、Cu 等重金属对土壤微生物的毒害作用。同时有关研究表明,当枝条还田时,覆盖于地表的枝条在土著微生物或专用腐熟菌的作用下,分解产生的多种物质可以有效杀灭枝条中夹杂的病虫害源,同时有机废弃物可被转化为有机肥<sup>[22]</sup>。在本试验中各树枝还田处理的梨树也未有病虫害发生,因此在梨树枝条还田时可以直接使用。

近年来对于利用各种农业废弃物进行土地改

良,以期达到增产和增收目的的科学研究工作已经有很多,其中果树枝条还田作为一种新型的农业废弃物再利用方式和土壤管理模式,在不同果园中均有应用,同样的,在多项研究中均表明过量添加果树枝条会对土壤肥力产生抑制作用。周江涛等<sup>[23]</sup>的研究证实,苹果枝条夏季修剪后直接进行地表覆盖还田、冬季修剪后将枝条成段埋土覆盖的方式,有利于增加土壤有机质含量、矿质养分含量和土壤酶的活性。张江红等<sup>[24]</sup>已经证实,桃树修剪的枝条以常规量还田对植株生长未产生不利的影响,同时土壤中自毒物质的含量也没有显著性增加,但是当还田枝条过量时会严重抑制桃树的生长,不利于桃树树势的增长和桃果果实品质的提高。在本试验中,施用适量的粉碎梨树枝条对于梨园土壤产生了有益的影响,其改善了土壤酸化情况,增加了土壤多种矿质元素的含量和土壤有机质含量,增强了土壤酶活性,提高了土壤微生物数量,使得土壤肥力得到提高。适量施用粉碎枝条还能促进梨树一年生新枝的生长,显著增加了梨单果重,提高了梨产量,改善了早酥梨果实品质。而且,常规量还田的效果最显著,低量还田效果次之,但高量还田时反而会降低土壤肥力。

但是,对于梨树修剪废枝的处理和利用还有以下两点值得进一步探讨:一是在粉碎树枝的施用量上还需再进行研究,本试验得出粉碎梨树树枝的最佳施用量在 8 kg · plant<sup>-1</sup> 左右,是否可以进一步精确范围或是配合氮肥施用改善氮饥饿现象,或是配合贝壳等碱性废弃资源抑制由于大量枝条产生的酸化,进而可以大量使用废弃的枝条甚至将无机肥代替。二是本试验仅进行了一次枝条还田,那么是否可以确定一个施用范围,在这个范围内可以连续进行枝条还田? 在本试验中可以发现,当枝条施用量达到 12 kg · plant<sup>-1</sup> 时就会由于底物量过大,导致分解缓慢进而在一定程度上抑制土壤肥力,因此可以大致推断在连续枝条还田时,施用量一定要小于 8 kg · plant<sup>-1</sup>,否则也会导致土壤氮饥饿现象,使得枝条不能及时分解进而产生堆积。

参考文献:

[1] 张绍铃, 谢智华. 我国梨产业发展现状、趋势、存在问题与对策建议[J]. 果树学报, 2019, 36(8): 1 067-1 072.  
ZHANG S L, XIE Z H. Current status, trends, main problems and the suggestions on development of pear industry in China[J]. *Journal of Fruit Science*, 2019, 36(8): 1 067-1 072.  
[2] 陈 炘, 王丽霞, 杨 毅, 等. 山东省果树修剪枝条资源评估

及肥料化利用潜力分析[J]. 中国果树, 2020, (4): 92-95,  
CHEN Y, WANG L X, YANG Y, *et al.* Evaluation of fruit branch resources and fertilizer utilization potential in Shandong Province[J]. *China Fruits*, 2020, (4): 92-95.  
[3] 张乃文. 枝条修剪对梨园养分平衡的影响及枝条再利用研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.  
[4] 张 燕, 张 洪. 农业转型与资源替代[J]. 经济地理, 2001,



- 21(6): 719-722.
- ZHANG Y, ZHANG H. Resources substitution and agriculture conversion[J]. *Economic Geography*, 2001, 21(6): 719-722.
- [5] KJÄLLSTRAND J, RAMNÄS O, PETERSSON G. Gas chromatographic and mass spectrometric analysis of 36 lignin-related methoxyphenols from uncontrolled combustion of wood[J]. *Journal of Chromatography A*, 1998, 824(2): 205-210.
- [6] 赵 鹏, 詹国勤, 徐加宽, 等. 梨园秸秆和修剪枝条的还田效果研究[J]. 南京农业大学学报, 2015, 38(4): 610-616.
- ZHAO P, ZHAN G Q, XU J K, *et al.* Research on the effects of application of straw and pruning branches in pear orchard[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2015, 38(4): 610-616.
- [7] 君广斌, 张志林. 苹果枝条粉碎静态条垛厌氧堆肥技术[J]. 山西果树, 2013, (4): 12-13.
- JUN G B, ZHANG Z L. Anaerobic composting technology of apple branch crushing static stack[J]. *Shanxi Fruits*, 2013, (4): 12-13.
- [8] LÓPEZ-URREA R, SÁNCHEZ J M, MONTORO A, *et al.* Effect of using pruning waste as an organic mulching on a drip-irrigated vineyard evapotranspiration under a semi-arid climate[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2020, 291: 108 064.
- [9] 宁留芳, 杨洪强, 曹 辉, 等. 发酵果树枝屑对苹果幼树根系特征及叶片光合蒸腾的影响[J]. 园艺学报, 2016, 43(10): 1 989-1 994.
- NING L F, YANG H Q, CAO H, *et al.* Effects of fermented crumbs of branches on the root characteristic and leaf photosynthesis and transportation of young apple trees[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43(10): 1 989-1 994.
- [10] 孙鹏飞. 高压密闭酸溶电感耦合等离子体质谱法同时测定土壤样品中镉、钼、硼多种微量元素[J]. 山东化工, 2020, 49(18): 94-96.
- SUN P F. Simultaneous determination of trace elements such as Cd, Mo and B in soil samples by high pressure sealed acid-soluble inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. *Shandong Chemical Industry*, 2020, 49(18): 94-96.
- [11] Analytik Jena. 系列总有机碳/总氮分析仪特点介绍[J]. 岩矿测试, 2005, (4): 91-92.
- Analytik Jena. Introduction to the characteristics of a series of TOC / TN analyzers [J]. *Rock and Mineral Testing*, 2005, (4): 91-92.
- [12] 李振高, 骆永明, 滕 应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [13] 贾 兵, 郭国凌, 余 桃, 等. ‘砀山酥梨’黄化叶绿绿过程中铁和氮的增益作用[J]. 果树学报, 2020, 37(11): 1 676-1 686.
- JIA B, GUO G L, YU T, *et al.* Reinforced effect of iron and nitrogen in the process of chlorotic leaves regreening of ‘Dangshansuli’ pear[J]. *Journal of Fruit Science*, 2020, 37(11): 1 676-1 686.
- [14] 韩晓日, 郑国砥, 刘晓燕, 等. 有机肥与化肥配合施用土壤微生物量氮动态、来源和供氮特征[J]. 中国农业科学, 2007, 40(4): 765-772.
- HAN X R, ZHENG G D, LIU X Y, *et al.* Dynamics, sources and supply characteristic of microbial biomass nitrogen in soil applied with manure and fertilizer[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(4): 765-772.
- [15] 江永红, 宇振荣, 马永良. 秸秆还田对农田生态系统及作物生长的影响[J]. 土壤通报, 2001, 32(5): 209-213.
- JIANG Y H, YU Z R, MA Y L. The effect or stubble return on agro-ecological system and crop growth[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2001, 32(5): 209-213.
- [16] WITT C, CASSMAN K G, OLK D C, *et al.* Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and productivity of irrigated rice systems[J]. *Plant and Soil*, 2000, 225(1/2): 263-278.
- [17] CHAN K Y, FAHEY D J, NEWELL M, *et al.* Using composted mulch in vineyards—effects on grape yield and quality[J]. *International Journal of Fruit Science*, 2010, 10(4): 441-453.
- [18] 李 鹏. 渭北苹果园土壤钙素演化趋势及其对苹果品质的影响研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2017.
- [19] 张 峰, 李养义, 张晓东, 等. 硅钙肥对库尔勒香梨果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2020, 36(4): 56-60.
- ZHANG F, LI Y Y, ZHANG X D, *et al.* Effects of silicon and calcium fertilizer on fruit quality of Korla fragrant pear[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2020, 36(4): 56-60.
- [20] 胡 可, 李华兴, 卢维盛, 等. 生物有机肥对土壤微生物活性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(2): 303-306.
- HU K, LI H X, LU W S, *et al.* Effect of microbial organic fertilizer application on soil microbial activity[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2010, 18(2): 303-306.
- [21] 张连忠, 路克国, 王宏伟, 等. 重金属和生物有机肥对苹果根区土壤微生物的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 92-95.
- ZHANG L Z, LU K G, WANG H W, *et al.* Effect of heavy metal and bio-fertilizer on microorganisms in soil of apple root[J]. *Journal of Soil Water Conservation*, 2005, 19(2): 92-95.
- [22] ST MARTIN C C G, BRATHWAITE R A I. Compost and compost tea: Principles and prospects as substrates and soil-borne disease management strategies in soil-less vegetable production[J]. *Biological Agriculture & Horticulture*, 2012, 28(1): 1-33.
- [23] 周江涛, 程存刚, 赵德英, 等. 苹果枝条不同覆盖方式对果园土壤理化性质的影响[J]. 北方园艺, 2019, (11): 39-44.
- ZHOU J T, CHENG C G, ZHAO D Y, *et al.* Effects of different apple branches mulching patterns on soil physical-chemical properties of apple orchard[J]. *Northern Horticulture*, 2019, (11): 39-44.
- [24] 张江红, 彭福田, 蒋晓梅, 等. 桃树枝条还田对土壤自毒物质、微生物及植株生长的影响[J]. 植物生态学报, 2016, 40(2): 140-150.
- ZHANG J H, PENG F T, JIANG X M, *et al.* Effects of peach branches returning on autotoxins and microbes in soil and tree growth of peaches[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2016, 40(2): 140-150.