

# 梨树枝条腐解过程中土壤有机质、氮和磷含量的变化

钟雅漩, 如克艳木·买提司地克, 艾克拜尔·伊拉洪\*, 图然妮萨·麦提图尔荪

(新疆农业大学资源与环境学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**【目的】探讨室内混合培养状态下,不同树龄库尔勒香梨树枝条腐解过程中土壤有机质、氮和磷含量的变化。【方法】采集果园内库尔勒香梨枝条模拟还田后进行为期150 d的室内混合培养。【结果】不同树龄库尔勒香梨树枝条模拟还田腐解过程中对土壤养分含量的影响存在差异。还田处理与同期对照相比,均达到显著性水平( $p < 0.05$ )。其中处理1和处理2相较于对照有机质、全氮和有效磷含量的平均值都增加,分别增加2.16倍和1.93倍、61%和59%、5.88倍和6.88倍;两处理相较于对照碱解氮含量的平均值提升表现基本一致,以处理2最佳;处理1和处理2相较于对照全磷含量的平均值虽有提高但不明显。【结论】梨树枝条腐解过程中土壤有机质、氮和磷含量均有提升,提升效果整体表现为10 a(年)树龄优于5 a树龄。修剪枝条还田为解决果园有机肥短缺的问题提供可靠的理论依据,并为提高土壤肥力、改良果园根际微域环境提供技术支撑。

**关键词:** 库尔勒香梨; 枝条腐解; 土壤养分含量

中图分类号: S661.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2022)08-1390-07

## Changes of soil organic matter, nitrogen and phosphorus contents in the process of pear branch decomposition

ZHONG Yaxuan, Ruyanmu·Maitistic, Ekbal·Irahon\*, Turnisa·Matitutum

(College of Resources and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

**Abstract:** 【Objective】 The experiment was to investigate the changes of soil organic matter, N and P contents in the process of Kuerlexiangli pear branch decomposition by indoor mixed culture. In order to improve the soil and increase the yield of Kuerlexiangli pear, the period with the highest nutrient content was found within 150 days. 【Methods】 This experiment was to collect 5 and 10 years old branches from Awati farm in Korla city. After the original soil in the pear orchard was collected and brought back to the laboratory, indoor mixed culture was conducted for 150 days. The method for collecting the branches was to randomly select robust 5-year-old and 10-year-old pear trees in three Kuerlexiangli pear orchards. For each individual tree, plant samples were collected from the upper, middle and lower parts of the canopy in four different directions of east, west, south and north according to different levels and orientations. Healthy and disease-free branches were selected and cut into a length of  $< 1$  cm, and then the samples in different directions were mixed uniformly in proportion to obtain mixed samples. The soil samples in three orchards were randomly selected according to the “S” curve to collect from 40-60 cm soil drills at 5 locations, and the soil samples were brought back to the laboratory for mixing and then the roots and debris were selected. Before each measurement, it should go through the following nine steps: “air drying – sorting – de-impurity – grinding – sieving – mixing – bottling – storage – registration”. The shoot samples should be washed with distilled water, wiped and weighed, dried in a 70 °C incubator, and crushed through a 60-mesh sieve for later use. 【Results】 There were differences in the effects on soil nutrient content during the simulated return of Kuerlexiangli pear branches with

收稿日期: 2021-12-24 接受日期: 2022-03-17

基金项目: 2021年海南省重点研发计划项目(ZDYF2021XDNY152)

作者简介: 钟雅漩, 女, 在读硕士研究生, 研究方向为土壤学。Tel: 18160559957, E-mail: 824907559@qq.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel: 13325596337, E-mail: akbarilahun@163.com

different tree ages. Compared with CK in the same period, all the treatments reached the significant level ( $p < 0.05$ ). The average value of soil organic matter in Treatment 1 and Treatment 2 increased by 2.16 and 1.93 times, respectively, compared with CK. The maximum organic matter content of Treatment 1 was  $62.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  on the 60th day after decomposition in the soil, which was 2.71 times more than that of CK. The maximum organic content of Treatment 2 was  $67.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  on the 45th day after decomposition in the soil, which was 2.93 times more than that of CK. Compared with CK, the average soil total nitrogen with Treatment 1 and Treatment 2 increased by 61% and 59%, respectively. The best improvement effect was achieved on the 30th day after decomposition in the soil. The total nitrogen content of Treatments 1 and 2 reached  $0.11 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $0.09 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , which were 2.92 times and 2.24 times more than that of CK in the same period. The soil total nitrogen of the two treatments increased significantly compared with CK in the same period. Compared with CK, Treatment 1 and Treatment 2 showed the same improvement performance, and Treatment 2 had the best effect. The improved effect reached the maximum value of  $7.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $9.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  in Treatment 1 and 2, which were 0.56 times and 0.98 times more than that of CK in the same period. Compared with CK, the average value of soil total P with Treatments 1 and 2 increased but not significantly. Treatment 2 increased total phosphorus content and reached the maximum value of  $0.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  on the 75th day, which was 0.12 times more than that of CK at the same time and there was significant difference ( $p < 0.05$ ). Compared with CK, the average soil available P in Treatment 1 and Treatment 2 increased, which was 5.88 and 6.88 times more than that of CK, respectively. The best improvement effect was achieved on the 90th day after decomposition in the soil, and the available phosphorus content of Treatment 1 and Treatment 2 was  $6.91 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $7.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 44.78 and 46.96 times more than that of CK in the same period. 【Conclusion】 During the decomposition of pear branches, the contents of soil organic matter, nitrogen and phosphorus increased, and the overall performance of the improvement effect was that the branches from 10-year-old trees were better than those from 5-year-old ones. Returning of pruned branches to the field provides a reliable theoretical basis for solving the bottleneck problem of organic manure shortage in orchards, and ensures technical support for improving soil fertility and the rhizosphere micro-environment of pear trees.

**Key words:** Kuerlexiangli pear; Decayed branches; Soil nutrient content

库尔勒香梨(*Pyrus sinkiangensis* Yu)属新疆梨种,是新疆最常见的特色林果之一<sup>[1]</sup>。2020年的调查结果显示库尔勒市香梨种植面积3.09万 $\text{hm}^2$ ,总产量40.27万t,较2019年的22.77万t增加了17.5万t,增长了76.86%<sup>[2]</sup>。然而长期以来,由于库尔勒香梨的热销,果农们一味追求香梨产量进而大量使用化肥的事情屡见不鲜。长期施肥不合理不仅会造成果园土壤肥力下降、土壤板结和盐碱化等诸多问题,还会降低果树吸收营养元素的利用率。量变引起质变,土壤肥力的下降直接影响到了香梨的品质和口感。

由于传统的清耕法会加速土壤有机质消耗,破坏土壤结构<sup>[3]</sup>。近年来,有机物料还田可以增加土壤有机质和提升土壤肥力的研究很多<sup>[4]</sup>。现代果园土壤管理模式就出现了土壤管理和土壤改良两大

类。其中果园生草是果树生产发达国家普遍推行的措施,也是我国重要的果园土壤管理模式之一<sup>[5-7]</sup>。生草翻压还田作为鲜草利用的重要途径,在改良土壤、平衡农田生态系统养分循环方面起到了积极作用<sup>[8]</sup>。

土壤改良的具体方法则有两种:一是施用前需要腐熟的动物源有机肥;二是以草代肥,也叫秸秆还田。秸秆还田是秸秆利用的一种有效途径,得到了政府和科学家的大力推荐<sup>[9]</sup>。一般秸秆还田多作用于农作物,作物秸秆中含有丰富的氮、磷、钾、有机物和一些微量元素,这些养分在秸秆腐烂后可以被植物重新利用<sup>[10-11]</sup>。在秸秆全量还田条件下,秸秆中的钾、大部分磷和部分氮都可以补充给土壤<sup>[12]</sup>。以往的研究表明,林木凋落物也是影响土壤理化性质的重要因素。凋落物分解后形成的腐殖质有助于土壤

的长期碳吸存,使有机质束缚的养分释放出来,是土壤自肥的重要机制,同时也是大量CO<sub>2</sub>回归大气的重要原因<sup>[13]</sup>。凋落物作为养分的基本载体,是森林生态系统的重要组成部分,也是物质循环的重要环节<sup>[14]</sup>。有研究表明,森林植物吸收的养分中,90%以上的N和P来自于凋落物分解归还给土壤的养分<sup>[15-16]</sup>。

果园中施用有机肥可以改良土壤,增加土壤有机质和缓释供求矛盾,其对果树生长的有益影响已逐渐被果农所重视<sup>[17]</sup>。通过枝条堆肥把果园固体废弃物变为养分全面的新型有机肥料,从而实现修剪枝条的资源化利用也变成一种新的土壤改良方法。目前和凋落物还田相比,废弃枝条还田的相关研究较少。在现实生活中,果园每年都要进行果树剪枝、果树整形,用来保证树体枝条合理分布,营养充足。春季修剪果树后的枝条中含有大量的有机物料,可大多都被丢弃于果园里。这些修剪后的枝条不仅不易腐烂,而且焚烧又会污染环境。有没有一种比枝条堆肥还要简便的方式呢?直接“枝条还田”可以增加土壤养分吗?

针对这些问题,笔者在室内混合培养状态下模拟梨园枝条还田后腐解对土壤有机质和氮、磷含量的影响,观察培养后的土壤养分含量的变化,以期对修剪枝条还田解决果园有机肥短缺的问题提供可靠的理论依据,为提高土壤肥力、改良果园根系微域环境提供理论基础和技术支撑,为今后大面积推广该项技术提供一定的理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究区概况

试验地为新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市阿瓦提乡阿瓦提香梨小镇(41°37'E, 86°24'N),海拔为912 m,试验地气候条件为温带大陆性气候,年平均气温10.7~11.2 °C,果园土壤类型主要为灌淤土和潮土类。

### 1.2 供试土样和枝条样品准备

采集库尔勒当地梨园的原装土后进行室内混合培养。供试土壤来自新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州库尔勒市阿瓦提乡阿瓦提香梨小镇,其初始土壤有机质含量( $w$ ,后同)为18.64 g·kg<sup>-1</sup>,全氮含量为0.07 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮含量为6.99 mg·kg<sup>-1</sup>,全磷含量为0.79 g·kg<sup>-1</sup>,速效磷含量为7.93 mg·kg<sup>-1</sup>,pH为7.84,容重为1.33 g·cm<sup>-3</sup>,土壤含水量为20.94%。

收集枝条的方法是在3个库尔勒香梨果园中随机挑选生长健壮的5年生和10年生的香梨样树。每株个体需根据不同层次和方位,用高枝剪或人工爬树的方法采集树的上、中、下三部分和东南西北4个不同方向的植物样品,选取其中健康无病害的枝条,剪取长度<1 cm的枝条,并且把不同方位的样品按比例均匀混合,获取混合样品。不同树龄枝条的元素组成见表1。

表1 不同树龄枝条的元素组成  
Table 1 Elemental composition of branches of different ages

树龄 Tree ages/a	w(C)/ (g·kg <sup>-1</sup> )	w(N)/ (g·kg <sup>-1</sup> )	C/N	w(P)/ (g·kg <sup>-1</sup> )	C/P
5	447.86	5.56	80.55	0.67	668.45
10	470.32	5.84	80.53	0.76	618.84

野外采集枝条和土样需及时放入内置冰块保温箱中保存。3个果园中土壤样品的采集都是按照“S”曲线随机挑选5处地点土钻采集40~60 cm,土样带回实验室混合后挑出根系和杂物。每次测指标前应经过“风干-分选-去杂-磨碎-过筛-混匀-装瓶-保存-登记”九个步骤。枝条样品带回实验室需用蒸馏水洗净、擦拭、称重后,在70 °C恒温箱中烘干,并粉碎过60目筛备用。除空白对照外,每个“小盆栽”内称量120 g土壤和6 g粉碎至0.25 mm的有机物料后遮光处理。

### 1.3 试验设计

由于本试验是室内混合培养,盆栽内为了摒弃不同香梨树吸收不同养分含量造成的干扰,故采回果园40~60 cm土层的土壤样品后,挑出根系和杂物的同时也不种植其他作物。除对照外每盆中有机物料的添加量为6 g。试验时间为2021年5月20日至2021年10月17日,试验期间需保证田间持水量,鉴于果园土的类型为黄潮土,需控制土壤湿度为饱和含水量的75%,进而达到库尔勒香梨树枝条还田的理想状态。试验设3个不同处理,处理0:空白对照(CK);处理1:施入5年粉碎枝条;处理2:施入10年粉碎枝条,观测室内混合培养下150 d内的土壤养分动态变化情况。

试验需要分析库尔勒香梨树枝条腐解150 d内土壤养分含量的动态变化,进而得出某一处理不同时期土壤肥力提高的程度。

### 1.4 样品测定

土壤有机质含量采用重铬酸钾外加热法测定,

全氮含量采用凯氏定氮法测定,碱解氮含量采用碱解扩散法测定,全磷和有效磷含量均采用钼锑抗比色法<sup>[8]</sup>测定,均为3次重复。

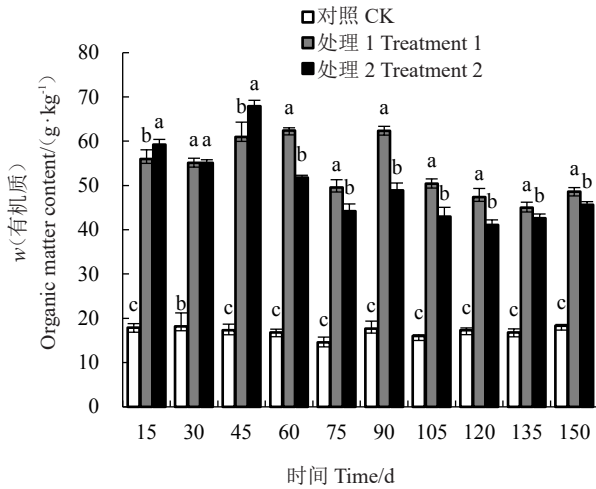
### 1.5 数据处理

利用数据处理系统 SPSS 25.0 进行单因素方差分析同一时期不同处理土壤化学性质的差异显著性,并用邓肯法进行多重比较( $\alpha=0.05$ ),最后用 Excel 2021 完成制图,图中数据为(平均值±标准差)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理腐解过程中土壤有机质含量的变化

如图1所示,在整个培养过程中除对照外,两个处理的变化趋势均为先升高后降低。处理1和处理2相比同期对照均达到显著性差异水平( $p<0.05$ ),两个处理间除在30 d差异不显著外,其余9个时期均存在显著性差异( $p<0.05$ )。其中,处理1和处理2土壤有机质含量最高的时期分别为第60天和第45天,为  $62.43 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $67.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,分别较同期对照增加2.71倍和2.93倍。处理1和处理2相较于对照土壤有机质平均值都增加,分别增加2.16倍和1.93倍。处理1和处理2与对照差异最大的时期分别为模拟还田后第60天和第45天。



不同小写字母表示同一时期差异显著( $p<0.05$ )。下同。

Different lowercase letters indicate significant differences over the same period ( $p<0.05$ ). The same below.

图1 枝条腐解过程中有机质含量的变化

Fig. 1 The change of organic matter content during branches decomposition

### 2.2 不同处理腐解过程中土壤全氮含量的变化

如图2所示,处理1和处理2之间在第15天和第150天存在显著性差异( $p<0.05$ )。处理1在第45

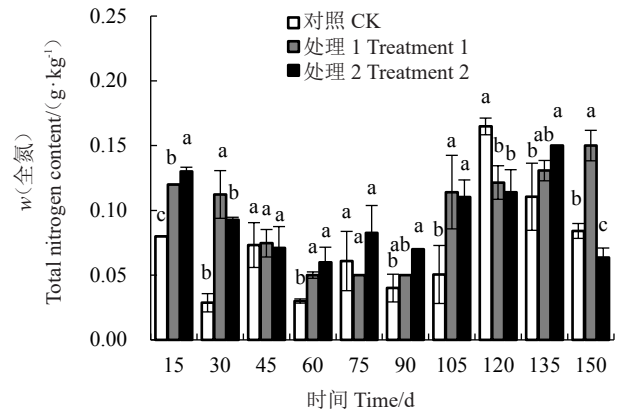


图2 枝条腐解过程中全氮含量的变化

Fig. 2 The change of total nitrogen content during branches decomposition

天、第75天、第90天和第105日均与同期对照无显著性差异( $p>0.05$ ),处理2除在第45天和第75天与同期对照差异不显著外,其余8个时期均存在显著性差异( $p<0.05$ ),较对照分别增加0.05、0.06、0.03、0.02、0.03、0.06、0.04  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和减少0.02  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。其中处理1土壤全氮含量最高的时期在模拟还田后第150天,处理2则是第135天。处理1和处理2相较于对照土壤全氮平均值都增加,增幅分别为61%和59%。与对照差异最大的时期是在枝条模拟还田后第30天,处理1和处理2的全氮含量达到0.11  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和0.09  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,是同期对照的2.92倍和2.24倍,两处理较同期对照土壤全氮含量显著增加。

### 2.3 不同处理腐解过程中土壤碱解氮含量的变化

如图3所示,处理1只有第30天与同期对照存在

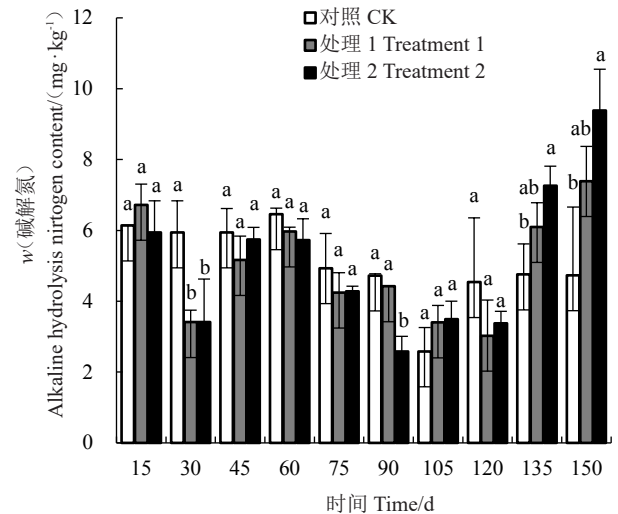


图3 枝条腐解过程中碱解氮含量的变化

Fig. 3 The change of alkaline hydrolysis nitrogen content during branches decomposition

差异显著( $p < 0.05$ ),较对照减少 $2.53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。处理2在第30天、第90天、第135天和第150天与同期对照存在显著性差异( $p < 0.05$ ),较对照分别减少 $0.19$ 、 $2.14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和增加 $2.51$ 、 $4.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。处理1和处理2相较于对照土壤碱解氮含量平均提升表现基本一致,分别提升1%和4%。与对照差异最大的时期是枝条模拟还田后第150天,同时也是土壤碱解氮含量最高的时期,处理1和处理2分别达到 $7.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $9.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,较同期对照增加 $0.56$ 倍和 $0.98$ 倍。

#### 2.4 不同处理腐解过程中土壤全磷的变化

整个室内混合培养期间的全磷含量几乎呈水平状态。处理1相较于对照土壤全磷含量平均值没有提高,其土壤全磷含量最高时期在模拟还田后第90天,达到 $0.72 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,增幅为6%,较同期对照差异不显著( $p > 0.05$ )。处理1除第105天外,其余时期相比对照土壤全磷含量均无显著差异( $p > 0.05$ )。处理2相较于对照土壤全磷含量变化幅度分别为-8%、7%、4%、1%、12%、1%、-3%、0%、6%和3%,除第75天外,其余时期相比对照土壤全磷含量均不存在显著差异( $p > 0.05$ ),较对照土壤全磷含量平均增幅为2%(图4)。处理2与对照差异最大的时期为模拟还田后第75天,其全磷含量达到 $0.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,较同期对照增加 $0.12$ 倍且存在显著差异( $p < 0.05$ )。

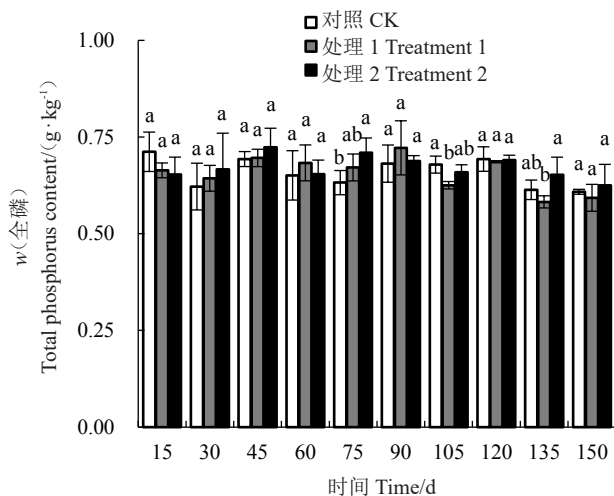


图4 枝条腐解过程中全磷含量的变化

Fig. 4 The change of total phosphorus content during branches decomposition

#### 2.5 不同处理腐解过程中土壤有效磷含量的变化

处理1在第45天达到其最大值 $11.54 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,增幅为36%,但与同期对照无显著性差异( $p > 0.05$ ),其他9个时期相比对照土壤有效磷含量均存

在显著差异( $p < 0.05$ ),变化幅度分别为 $-0.03$ 、 $3.35$ 、 $6.04$ 、 $2.43$ 、 $6.76$ 、 $3.35$ 、 $2.77$ 、 $-0.57$ 和 $2.70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。处理2除第105天和第135天与同期对照差异不显著外,其余8个时期均存在显著性差异( $p < 0.05$ ),分别较同期对照增加 $1.43$ 倍、 $0.56$ 倍、 $0.49$ 倍、 $1.89$ 倍、 $1.78$ 倍、 $46.96$ 倍和 $5.48$ 倍。处理1土壤有效磷含量最高时期在模拟还田后第15天达到 $21.68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比对照增长 $1.43$ 倍。处理1和处理2相较于对照土壤有效磷含量平均值都有增加,分别为对照的 $5.88$ 倍和 $6.88$ 倍。其中与对照差异最大的时期是枝条模拟还田后第90天,处理1和处理2的有效磷含量为 $6.91 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $7.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,较同期对照增加 $44.78$ 倍和 $46.96$ 倍(图5)。

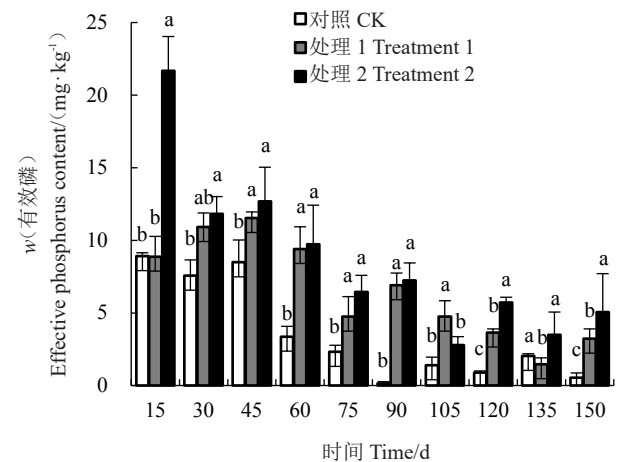


图5 枝条腐解过程中有效磷含量的变化

Fig. 5 The change of the effective phosphorus content during branches decomposition

### 3 讨论

研究表明,枝条模拟还田腐解过程中土壤有机质含量显著增加。处理1和处理2相较于对照土壤有机质含量平均值都增加,分别增加 $2.16$ 倍和 $1.93$ 倍。其中与对照差异最大的时期为处理2模拟还田后第45天。这与前人研究结果一致,王学敏等<sup>[19]</sup>研究表明秸秆直接还田、腐熟和秸秆生物炭还田处理配合氮肥减施可以显著提高有机碳含量。而枝条模拟还田腐解过程中有机质含量呈先升高再降低的趋势,原因是枝条中的有机碳先在土壤中腐解形成有机质,随着时间的推移有机质被微生物分解,这与潘晶等<sup>[20]</sup>发现秸秆深埋还田增加了微生物数量和提高了过氧化氢酶活性,进而促进了有机质

氧化的研究结果相符合。

枝条模拟还田腐解过程中土壤全氮含量增加。室内混合培养期间处理1和处理2相较于对照土壤全氮含量平均值都增加,增幅分别为61%和59%。处理1和处理2均在模拟还田后第30天与对照差异达到最大。高金虎等<sup>[21]</sup>试验结果表明随玉米秸秆还田量增多,耕层土壤的全氮含量会增加,但增幅较小,最高为0.3%。本研究的增幅相比玉米秸秆较高的原因有二:一是果树枝条中氮含量高于玉米秸秆;二是两者作用土层不同,玉米秸秆还田一般作用于耕层土壤0~20 cm,而本研究对象库尔勒香梨树作用于距地表40 cm处,所以能更好地吸收还田有机物中的营养物质。研究结果显示,在40~60 cm土层处理1和处理2的全磷含量较同期对照未有明显提高,处理2相较于对照土壤全磷含量平均值提高2%,且土壤全磷含量最高的时期在模拟还田后第75天。这与前人研究结果趋势相同,王学敏等<sup>[19]</sup>表明秸秆直接还田可以不同程度提高全磷含量。

处理1和处理2相较于对照土壤碱解氮含量平均值均有提高但不明显,分别提高了1%和4%。其中与对照差异最大的时期为处理2模拟还田后第150天。这与前人研究趋势一致,常单娜等<sup>[22]</sup>研究发现生草草种还田腐解后,一方面增加了外源有机物的输入,另一方面减少了养分的淋溶流失,使得土壤速效养分较还田前和对照均有一定程度的提升。因为有机物料在土壤中主要靠微生物进行腐解,而微生物增殖的重要条件是C/N需要达到25:1~30:1,且研究显示高碳氮比的作物更难腐解。而本研究未配施氮肥导致碳氮比过高,就会造成部分碱解氮含量不明显升高。有研究显示,植物腐解在一定范围内与温度和水分呈正相关关系<sup>[8]</sup>。所以碱解氮含量在腐解过程中先降低后升高的原因可能是随着外环境温度的上升,微生物活动效率由低到高。研究显示,土壤中速效养分含量在腐解前期得到快速提升,是因为其为离子形态在腐解前期便得到大量释放,输入到土壤中<sup>[23]</sup>。这与本文研究结果相近,处理1和处理2相较于对照有效磷含量平均值都有增加,分别为对照的5.88倍和6.88倍,其中与对照差异最大的时期为处理2模拟还田后第90天。而腐解过程中有效磷含量呈下降趋势的原因还可能是随着枝条进一步腐解,易于释放的养分已释放完毕,所以后期不再升高<sup>[8]</sup>。

## 4 结 论

梨树枝条腐解过程中土壤有机质、氮和磷含量均有提升,提升效果整体表现为10年树龄优于5年树龄。其中全氮、有机质和有效磷含量与对照差异最大的时期分别是模拟还田后第30天、第45天和第90天,全磷和碱解氮含量最高的时期分别是模拟还田后第75天和第150天。

## 参考文献 References:

- [1] 高启明,李疆,李阳. 库尔勒香梨研究进展[J]. 经济林研究, 2005,23(1):79-82.  
GAO Qiming, LI Jiang, LI Yang. Research progress of Korla fragrant pear[J]. Non-wood Forest Research, 2005,23(1):79-82.
- [2] 张峰,李养义. 库尔勒香梨产业发展现状与对策建议[J]. 西北园艺(综合),2020(6):3-5.  
ZHANG Feng, LI Yangyi. Development status and countermeasures of Korla fragrant pear industry[J]. Northwest Horticulture, 2020(6):3-5.
- [3] 陈新燕,孙霞,蒋平安,李建平,冶伟立. 不同土壤管理方式对库尔勒香梨果实产量和品质的影响[J]. 天津农业科学,2012,18(3):106-109.  
CHEN Xinyan, SUN Xia, JIANG Ping'an, LI Jianping, YE Weili. Effects of different soil management methods on fruit yield and quality of Korla fragrant pear[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2012,18(3):106-109.
- [4] GAO L, WANG B S, LI S P, HAN Y, ZHANG X M, GONG D Z, MA M C, LIANG G P, WU H J, WU X P, CAI D X, DEGRE A. Effects of different long-term tillage systems on the composition of organic matter by <sup>13</sup>C CP/TOSS NMR in physical fractions in the Loess Plateau of China[J]. Soil and Tillage Research, 2019,194:104321.
- [5] RODRIGUES M A, CORREIA C M, CLARO A M, FERREIRA I Q, BARBOSA J C, MOUTINHO-PEREIRA J M, BACELAR E A, FERNANDES-SILVA A A, ARROBAS M. Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legume cover crop residues[J]. Scientia Horticulturae, 2013,158:45-51.
- [6] ZHU L, DONG S K, WEN L, LI Y L, SHI J J, WANG Y L, MA Y S. Effect of cultivated pasture on recovering soil nutrient of "Black-beach" in the alpine region of headwater areas of Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Procedia Environmental Sciences, 2010,2:1355-1360.
- [7] 李会科,张广军,赵政阳,李凯荣. 渭北黄土高原旱地果园生草对土壤物理性质的影响[J]. 中国农业科学,2008,41(7):2070-2076.  
LI Huike, ZHANG Guangjun, ZHAO Zhengyang, LI Kairong. Effects of orchard grass on soil physical properties in dry land of Weibei Loess Plateau[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008,41(7):2070-2076.

- [8] 杨龙. 果园生草草种腐解特征及其对土壤养分的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2021.  
YANG Long. Characteristics of seed decay and its effect on soil nutrients in orchard[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2021.
- [9] 栾璐, 郑洁, 程梦华, 胡凯婕, 孔培君, 蒋瑀霁, 孙波. 不同秸秆还田方式对旱地红壤细菌多样性及群落结构的影响[J]. 土壤, 2021, 53(5):991-997.  
LUAN Lu, ZHENG Jie, CHENG Menghua, HU Kaijie, KONG Peijun, JIANG Yuji, SUN Bo. Effects of different straw returning methods on bacterial diversity and community structure of red soil in dryland[J]. Soils, 2021, 53(5):991-997.
- [10] Li H, DAI M W, DAI S L, DONG X J. Current status and environment impact of direct straw return in China's cropland: A review[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2018, 159(9): 293-300.
- [11] SU Y, YU M, XI H, LV J L, MA Z H, KOU C L, SHEN A L. Soil microbial community shift with long-term of different straw return in wheat-corn rotation system[J]. Scientific Reports, 2020, 10(1):6360.
- [12] 董祥洲, 徐粲然, 朱启法, 陈亚奎, 高琴, 王学瑛. 秸秆还田对土壤环境影响的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(13): 1-4.  
DONG Xiangzhou, XU Canran, ZHU Qifa, CHEN Yakui, GAO Qin, WANG Xueying. Research progress on effects of straw returning to field on soil environment[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2020, 48(13): 1-4.
- [13] 林成芳, 高人, 陈水光, 杨玉盛, 钟羨芳. 凋落物分解模型研究进展[J]. 福建林业科技, 2007, 34(3):235-241.  
LIN Chengfang, GAO Ren, CHEN Shuiguang, YANG Yusheng, ZHONG Xianfang. Research progress of litter decomposition model[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2007, 34(3):235-241.
- [14] 秦倩倩, 王海燕. 森林凋落物养分空间变异及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2020, 39(4):1318-1329.  
QIN Qianqian, WANG Haiyan. Spatial variation of forest litter nutrients and its influencing factors[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(4): 1318-1329.
- [15] 曾昭霞, 刘孝利, 王克林, 曾馥平, 宋同清, 宋希娟. 桂西北喀斯特区原生林与次生林凋落物及养分归还特征比较[J]. 生态环境学报, 2010, 19(1): 146-151.  
ZENG Zhaoxia, LIU Xiaoli, WANG Kelin, ZENG Fuping, SONG Tongqing, SONG Xijuan. Comparison of litter and nutrient return characteristics between primary and secondary forests in Karst region of northwest Guangxi[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(1): 146-151.
- [16] CHAPIN III F S, MATSON P A, MOONEY H A, VITOUSEK P M. Principles of terrestrial ecosystem ecology[M]. New York: Springer, 2011: 1.
- [17] 范学山. 梨树修剪枝条堆肥促进早熟梨产量提高的机制初探[D]. 南京:南京农业大学, 2017.  
FAN Xueshan. Preliminary study on the mechanism of improving the yield of early shortening pear by composting pruned branches of pear tree[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社, 2000:25-114.  
BAO Shidan. Analysis of soil and agricultural chemistry[M]. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000:25-114.
- [19] 王学敏, 刘兴, 郝丽英, 解宏图, 张广娜, 陈振华, 张玉兰. 秸秆还田结合氮肥减施对玉米产量和土壤性质的影响[J]. 生态学杂志, 2020, 39(2):507-516.  
WANG Xuemin, LIU Xing, HAO Liying, XIE Hongtu, ZHANG Guangna, CHEN Zhenhua, ZHANG Yulan. Effects of straw return field combined with nitrogen fertilizer reduction on maize yield and soil properties[J]. Chinese Journal of Ecology, 2020, 39(2):507-516.
- [20] 潘晶, 杨墨, 黄琳丽, 佟德利, 邱雨, 陶婷婷, 杜小丽, 夏语擎, 高蕊. 秸秆还田对土壤主要微生物数量、酶活性及细菌群落结构、多样性的影响[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版), 2021, 39(3):266-271.  
PAN Jing, YANG Mo, HUANG Linli, TONG Deli, QIU Yu, TAO Tingting, DU Xiaoli, XIA Yuqing, GAO Rui. Effects of straw return on the number, enzyme activity, bacterial community structure and diversity of major soil microorganisms[J]. Journal of Shenyang Normal University (Natural Science Edition), 2021, 39(3):266-271.
- [21] 高金虎, 孙占祥, 冯良山, 吴昌娟. 秸秆与氮肥配施对辽西旱区土壤酶活性与土壤养分的影响[J]. 生态环境学报, 2012, 21(4):677-681.  
GAO Jinhui, SUN Zhanxiang, FENG Liangshan, WU Changjuan. Effects of straw combined with nitrogen fertilizer on soil enzyme activities and soil nutrients in western Liaoning Arid region[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(4):677-681.
- [22] 常单娜, 曹卫东, 包兴国, 白金顺, 张久东, 卢秉林, 高嵩涓, 曾闹华, 王雪翠, 志水胜好. 西北灌漠土长期不同施肥改变土壤可溶性有机质的化学及光谱学特性[J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(1):220-225.  
CHANG Danna, CAO Weidong, BAO Xingguo, BAI Jinshun, ZHANG Jiudong, LU Binglin, GAO Songjuan, ZENG Naohua, WANG Xuecui, ZHI Shuishenghao. Chemical and spectral properties of soil soluble organic matter were changed by long-term fertilization in irrigated desert soil in northwest China[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2016, 36(1):220-225.
- [23] PEREIRA N S, SOARES I, MIRANDA F R D. Decomposition and nutrient release of leguminous green manure species in the Jaguaribe-Apodi region, Ceará, Brazil[J]. Ciência Rural, 2016, 46(6):970-975.