

# 梨园秸秆还田腐解特征及对土壤性状的影响研究<sup>①</sup>

赵鹏<sup>1,2</sup>, 王硕<sup>1</sup>, 叶素银<sup>1</sup>, 王洁<sup>1</sup>, 董彩霞<sup>1,2\*</sup>, 徐阳春<sup>1,2</sup>

(1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2 江苏省有机固体废弃物资源化协同创新中心, 南京 210095)

**摘要:** 为探究梨园秸秆还田腐解特征及对土壤理化性状和生物性状的影响, 在梨园布置覆膜对照(CK)、秸秆覆盖(S)、秸秆覆盖+腐解菌肥(S-BM)、双倍秸秆覆盖+腐解菌肥(2S-BM)田间试验。结果表明: 秸秆覆盖 150 天后, S-BM 处理的腐解率为 62.4%, S 和 2S-BM 处理的腐解率均为 50%, 氮、钾释放率以 S-BM 处理最高; 秸秆覆盖提高了土壤最低温, 降低了土壤最高温, 减小了土壤温度振幅; 2S-BM 处理显著降低了土壤体积质量, 提高了土壤水溶性有机碳含量; 秸秆覆盖显著增加了 0~5 cm 土层有机碳含量, 2S-BM 处理对 0~15 cm 土层速效养分含量的提升效果显著, S 和 S-BM 处理显著提高了 0~5 cm 土层速效钾含量; 2S-BM 处理的土壤细菌、真菌数量以及微生物生物量碳、氮含量在梨树生育后期明显提高; 2S-BM、S-BM 和 S 处理分别能增产 86.9%、17.8% 和 28.7%。秸秆覆盖对土壤的改善是由上到下的, 当梨园秸秆还田量为 45 000 kg/hm<sup>2</sup> 时, 土壤的改良效果非常明显。

**关键词:** 秸秆覆盖; 腐解特征; 土壤微生物; 土壤养分

中图分类号: S661.2

在果园管理过程中由于生产者对产量和品质的过分追求, 不合理施用肥料, 导致土壤酸化, 肥力降低, 严重影响到果园的可持续发展, 对生态环境造成了一定的危害<sup>[1-2]</sup>, 因此需要采取措施减少肥料的施用, 提升地力, 促进树体的生长发育, 保证果树的优质高产。秸秆覆盖由于能够调节土壤水热状况<sup>[3-4]</sup>, 改良土壤, 促进根系生长<sup>[5-6]</sup>, 在果园中得到了推广应用。周江涛等<sup>[7]</sup>在苹果园中的试验研究表明, 秸秆覆盖能起到保水、调节地温和改良酸性土壤的作用, 对土壤有机质和速效养分含量也有不同程度的提高; 赵德英等<sup>[8]</sup>研究还发现, 秸秆覆盖明显增加了细菌和真菌种群的多样性和丰富度, 显著提高了土壤酶活性, 并且能够起到提高根系活力、改善果实品质和增加产量的作用。目前, 国内外对于果园中秸秆腐解特征和土壤生物性状的动态变化研究相对较少, 本文在梨园中设置不同的秸秆覆盖方式, 研究不同还田方式下的秸秆腐解特征和不同土层深度的土壤养分含量, 以及不同生育时期的土壤生物性状, 以期为果园中秸秆的合理应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于江苏省金坛市薛埠镇超群生态园

(31°65'N, 119°37'E), 地处茅山东麓, 属北亚热带季风气候, 年平均气温 16.2℃, 降水量 1 063.6 mm, 无霜期 229 天, 日照时间 2 151 h。土壤为黏壤土, 犁地层距地表 20 cm, 梨树品种为幸水, 树龄 5 年, 株行距 2 m × 3 m。供试土壤 0~20 cm 土层基本养分: 全氮含量 0.88 g/kg, 碱解氮含量 99.4 mg/kg, 速效磷含量 62.8 mg/kg, 速效钾含量 186.2 mg/kg, 有机质含量 15.8 g/kg, pH 为 5.17。供试水稻秸秆基本养分: 全氮含量 13.8 g/kg, 全磷含量 1.64 g/kg, 全钾含量 17.2 g/kg。

### 1.2 试验设计

试验于 2013 年 3 月进行, 设置覆膜对照(CK)、秸秆覆盖(S)、秸秆覆盖+腐解菌肥(S-BM)、双倍秸秆覆盖+腐解菌肥(2S-BM)4 个处理。S 和 S-BM 处理秸秆用量均为 22 500 kg/hm<sup>2</sup>, 2S-BM 处理秸秆用量为 45 000 kg/hm<sup>2</sup>, 将秸秆均匀覆盖在梨园地表, S-BM 和 2S-BM 处理撒入腐解菌肥, 浇水, 4 个处理均覆盖黑色聚乙烯塑料膜。腐解菌肥为金坛阿波罗生物制品有限公司生产的阿波罗生物有机肥。试验进行 2 年并于每年 8 月份揭去地膜, 11 月份将残余秸秆翻入土壤, 第二年 3 月份重新布置, 每个处理均设 3

基金项目: 农业部 948 项目(2011-G27)和农业部公益性行业(农业)科研专项(2012013007)资助。

\* 通讯作者(cxdong@njau.edu.cn)

作者简介: 赵鹏(1991—), 男, 山西太原人, 硕士研究生, 主要从事梨树矿质营养研究。E-mail: 2012103122@njau.edu.cn

个重复，试验面积为 90 m<sup>2</sup>，土壤管理条件一致。

采用尼龙网袋法<sup>[9]</sup>进行秸秆腐解的研究，网袋长 30 cm，宽 20 cm，孔径为 0.12 mm，设置 S、S-BM 和 2S-BM 3 个处理，秸秆和菌肥用量按照梨园用量成比例缩小，S 处理：40 g 秸秆；S-BM 处理：40 g 秸秆 + 0.25 g 菌肥；2S-BM 处理：80 g 秸秆 + 0.25 g 菌肥。供试水稻秸秆经 80 ℃ 烘干后，剪至 5~8 cm 寸段放入网袋中，扎紧袋口，喷水浸湿后置于梨园内各处理秸秆覆盖下层，贴近地表，树冠垂直投影内 0.5 m 处。试验进行 1 年，每个处理设置 3 个重复，田间管理情况同大田试验一致。

### 1.3 样品采集与处理

2013 年在网袋置入梨园后的第 10、20、30、60、90、120、150 天取样，整个生育期共取样 7 次，每次每处理取样 3 个，洗净，80 ℃ 烘干后称重，粉碎后测定秸秆的全氮、全磷、全钾养分含量。2014 年在梨树幼果期(花后 10 天)、第一次膨大期(花后 40 天)、第二次膨大期(花后 70 天)、成熟期(花后 110 天)和落叶期(花后 200 天)分别采集各处理树盘下土壤。在树冠垂直投影内 0.5 m 处对角线采集 0~20 cm 混合土壤，新鲜土样用于土壤微生物计数、土壤微生物生物量碳氮以及水溶性有机碳的测定，果实成熟期分层采集 0~5、5~10、10~15 cm 土壤样品风干后测定土壤养分。

### 1.4 测定指标与方法

秸秆腐解指标：全氮采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮法，用 AA3 连续流动分析仪测定；全磷采用钼锑抗比色法测定；全钾采用火焰分光光度法测定<sup>[10]</sup>。秸秆腐解率(%)=(原始秸秆重量-秸秆残留重量)/原始秸秆重量 × 100；养分释放率(%)=(原始秸秆养分含量-剩余秸秆养分含量)/原始秸秆养分含量 × 100<sup>[11]</sup>。

微生物指标：微生物计数用涂布法接种，稀释平板法测数。细菌培养采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基，真菌采用马丁孟加拉红培养基，放线菌采用改良高氏一号培养基<sup>[12]</sup>。微生物生物量碳氮采用氯仿熏蒸-K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浸提法测定<sup>[13]</sup>。

土壤指标：采用 HOB0 U12-008 型温度记录仪测定 5 cm 深度处土壤温度；土壤含水量采用烘干法测定；土壤体积质量采用环刀法测定；有机碳采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定；碱解氮采用碱解扩散法测定；速效磷采用钼锑抗比色法测定；速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度法测定；pH 采用 0.01 mol/L 氯化钙溶液浸提，PB-10 型 pH 计测定<sup>[10]</sup>。

### 1.5 数据分析

应用 Microsoft Excel 2007，SPSS 16.0 软件进行

数据分析，采用 DUCAN 法进行多重比较，运用 Origin 8.5 软件进行图表制作。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同还田处理对秸秆腐解率及养分释放率的影响

由图 1A 可以看出，0~10 天秸秆腐解较快，10~20 天腐解缓慢，S-BM 处理从 20 天时开始快速腐解，而 S 和 2S-BM 处理从 30 天时才开始快速腐解，并且 S-BM 和 2S-BM 处理在 30~120 天的秸秆腐解率均显著高于 S 处理，120 天后 3 个处理的腐解速率减缓，150 天时 S-BM 处理的秸秆腐解率最高，达到 62.4%，S 和 2S-BM 处理的秸秆腐解率均为 50.0%。

秸秆氮在前期快速释放(图 1B)，60 天时各处理秸秆氮释放 16%~19%，60 天后秸秆氮释放速率减缓，150 天时 S-BM 处理的氮释放率最高，为 27.5%，2S-BM 和 S 处理的氮释放率分别为 26.1% 和 24.0%。秸秆磷在前 60 天迅速释放 33%~41%(图 1C)，各处理的变化趋势基本一致，150 天后磷释放率为 37%~42%。秸秆钾从 20 天开始迅速释放(图 1D)，S-BM 处理的钾释放速率最快，在 30~150 天内均显著高于其他处理，150 天后钾释放率为 85.2%，2S-BM 和 S 处理的钾释放率分别为 74.4% 和 68.5%。

### 2.2 不同还田处理对梨园土壤温度和物理性状的影响

**2.2.1 土壤温度** 秸秆覆盖能够显著影响土壤温度，在每天测定温度的 6 个时间点中，6:00 的土壤温度最低，由于受到地膜和秸秆覆盖的双重影响，18:00 的土壤温度最高，因此分别选取了 6:00 和 18:00 的土壤温度代表土壤的最低温和最高温(图 2A、B)。在 6:00 气温最低时，秸秆覆盖提高了土壤温度，各处理间无显著差异；18:00 时不同还田处理的土壤温度差异明显，CK 处理一直处于最高水平，6 月 15 日前差异显著，后期差异不明显，2S-BM 处理在 4 月 15 日前最低，之后与 S 和 S-BM 处理无明显差异。图 2C 为不同还田处理的温度日较差，表示在连续 24 h 时间段内最高温度与最低温度的差值，可以看出 S、S-BM 和 2S-BM 处理的温度日较差均明显小于 CK 处理和气温，各处理间差异不明显，说明秸秆覆盖能够起到调节土壤温度的作用，有效地减小了土壤温度振幅。

**2.2.2 土壤物理性状** 由表 1 可知，各处理的土壤含水量无显著差异，2S-BM 处理的土壤体积质量较 CK 处理下降 13.2%，差异显著；S 和 S-BM 处理的

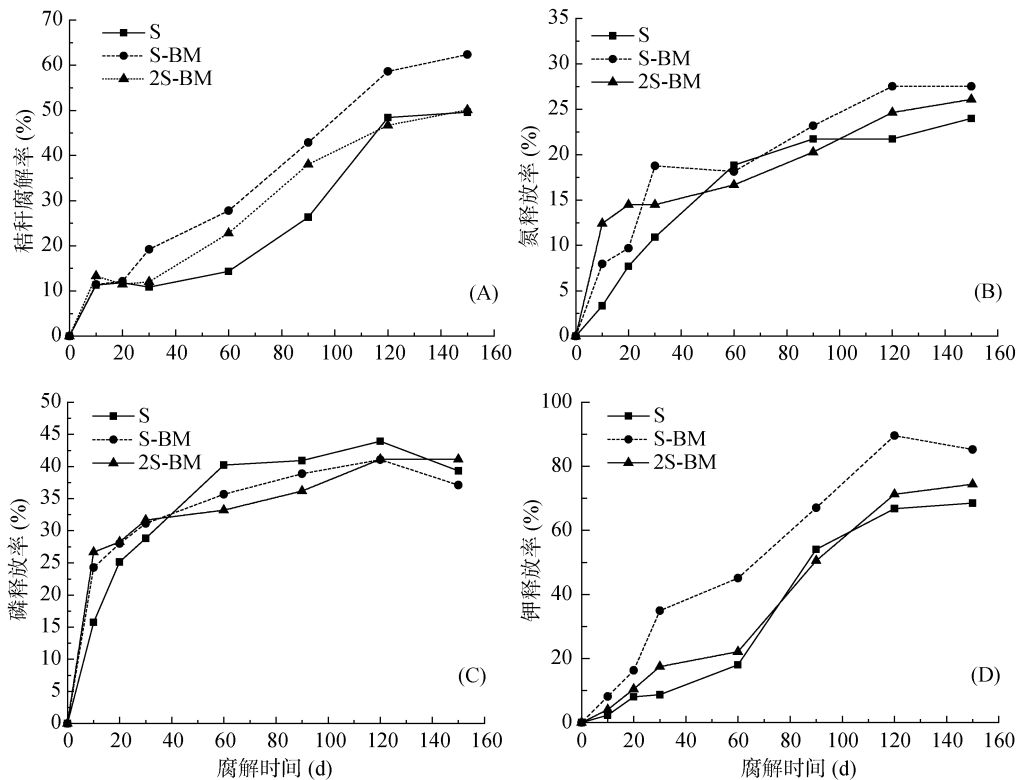


图 1 不同还田处理对秸秆腐解率及养分释放率的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on decomposition rates and nutrient release rates of straws

土壤体积质量与 CK 处理无显著差异。表明在秸秆用量为 45 000 kg/hm<sup>2</sup> 时秸秆覆盖会对土壤体积质量产生显著影响。

### 2.3 不同还田处理对梨园土壤速效养分含量的影响

不同土壤深度处的碱解氮、速效磷和速效钾含量差异相似(图 3),除了在 10~15 cm 土壤深度处 2S-BM 处理与 S-BM 处理的速效钾含量无显著差异外,2S-BM 处理在 0~5、5~10、10~15 cm 土壤深度处的碱解氮、速效磷和速效钾含量均显著高于其他各处理;0~5 cm 土壤速效氮、磷、钾含量较 CK 处理分别增加 41.8%、92.4% 和 54.6%。S 处理的土壤碱解氮含量在 0~5 cm 处显著高于 CK 和 S-BM 处理,较 CK 处理增加 20.7%。S 和 S-BM 处理的土壤速效钾含量在 0~5 cm 处显著高于 CK 处理,分别增加 19.6% 和 24.7%。

### 2.4 不同还田处理对梨园土壤有机碳含量的影响

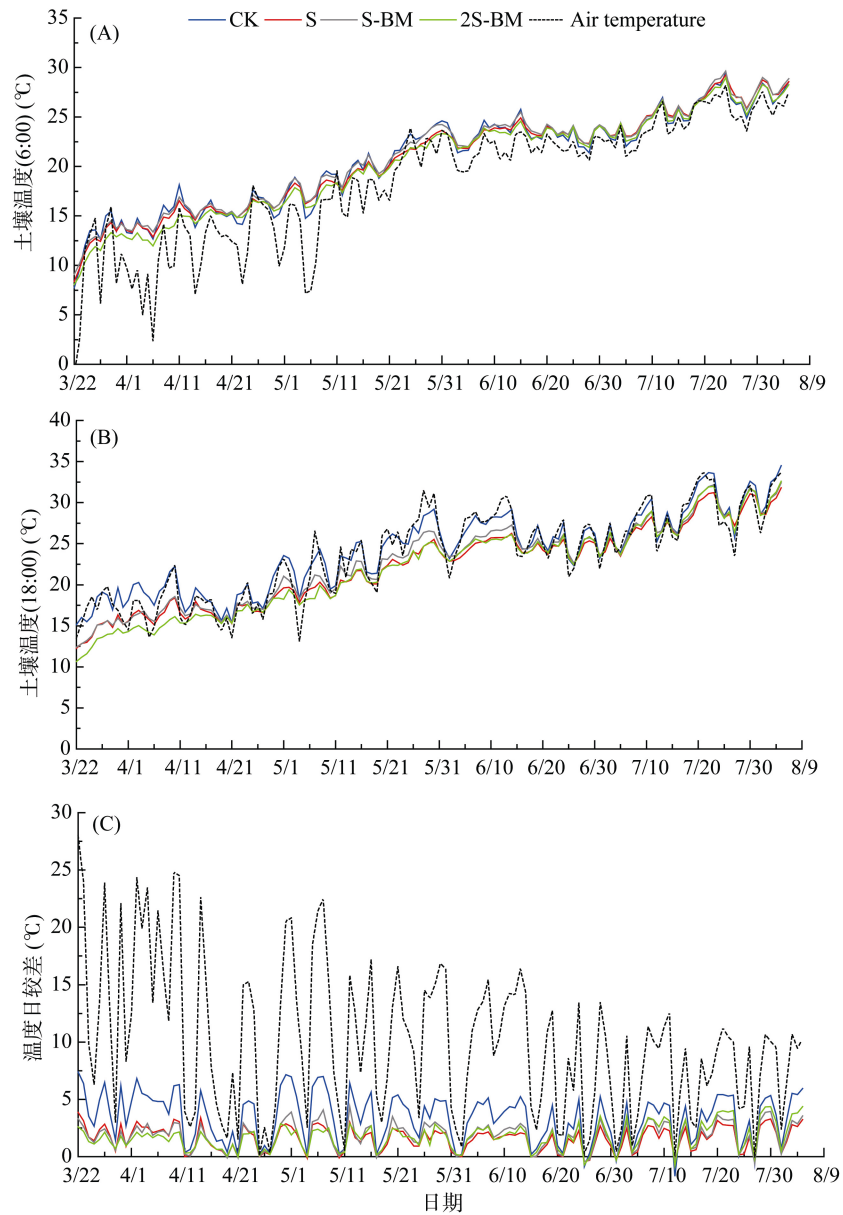
**2.4.1 不同土壤深度处土壤有机碳含量** 从图 4 可以看出,不同还田处理对土壤有机碳含量有明显的提升效果,S、S-BM 和 2S-BM 处理 0~5 cm 土壤深度处土壤有机碳含量显著高于 CK 处理,分别较 CK 处理提高 22.4%、21.0% 和 39.4% ;此外,2S-BM 处理 0~5 cm 土壤深度处有机碳含量显著高于 S-BM 处理,5~10 cm 土壤深度处有机碳含量显著高于其

他各处理。10~15 cm 土壤深度处各处理的土壤有机碳含量无显著差异。

**2.4.2 不同生育时期土壤水溶性有机碳含量** 由表 2 可知,幼果期各处理的土壤水溶性有机碳含量无显著差异;2S-BM 处理的水溶性有机碳含量从第一次膨大期到落叶期均显著高于 CK 处理,提高幅度分别为 40.8%、31.0%、70.5% 和 52.0% ;S 和 S-BM 处理的水溶性有机碳含量在第一次膨大期、第二次膨大期和成熟期时与 CK 处理均无显著差异,落叶期 S-BM 处理的水溶性有机碳含量较 CK 处理提高 45.0%,差异显著。

### 2.5 不同还田处理对梨园土壤生物性状的影响

**2.5.1 土壤微生物数量** 从图 5A 中可以看出,各处理土壤真菌数量差异明显,幼果期时 CK 处理显著高于秸秆覆盖处理;2S-BM 处理在第一次膨大期时显著高于 CK 处理,在第二次膨大期时显著高于 S-BM 处理,在成熟期和落叶期时显著高于 CK 和 S-BM 处理。土壤放线菌数量变化幅度相对较小(图 5B),2S-BM 处理土壤放线菌数量在幼果期时显著低于其他处理,在第一次膨大期时显著低于 S 和 S-BM 处理,成熟期时显著高于 CK 处理,第二次膨大期和落叶期时各处理间无显著差异。土壤细菌数量在幼果期和第一次膨大期时 CK 处理较低(图 5C),幼果期



(不同还田处理的温度日较差为 18:00 时土壤温度减去 6:00 时土壤温度, 气温的温度日较差为 14:00 土壤温度减去 6:00 土壤温度)

图 2 不同还田处理对梨园土壤温度的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on soil temperatures in pear orchard

表 1 不同还田处理对梨园土壤物理性状的影响

Table 1 Effects of different treatments on soil physical properties in pear orchard

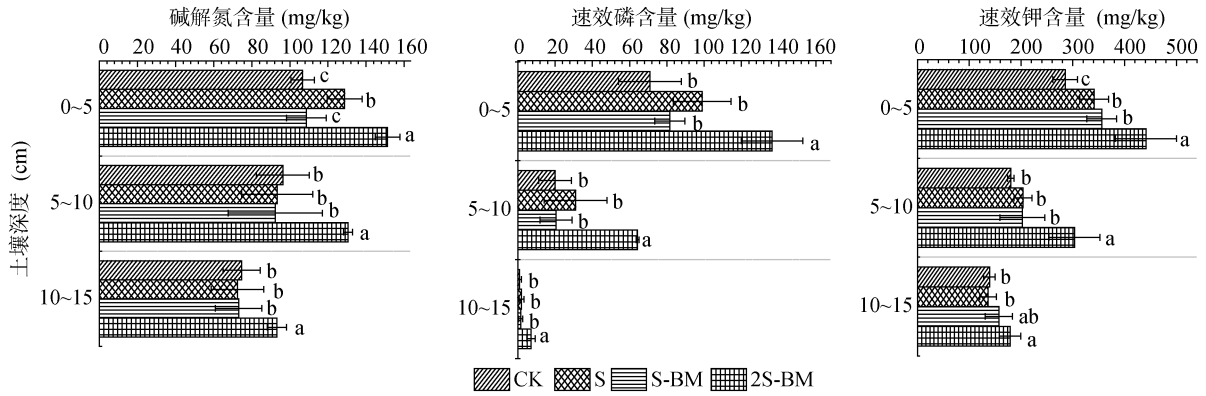
处理	土壤含水量 (g/kg)	土壤体积质量 (g/cm <sup>3</sup> )
CK	1.90 ± 0.09 a	1.36 ± 0.08 a
S	2.17 ± 0.24 a	1.34 ± 0.02 a
S-BM	2.10 ± 0.10 a	1.35 ± 0.04 a
2S-BM	2.16 ± 0.29 a	1.18 ± 0.05 b

注: 同列数据小写字母不同表示同一采样期不同处理间差异达  $P < 0.05$  显著水平, 下同。

CK 处理显著低于其他各处理, 第一次膨大期时显著低于 S-BM 处理; 从第二次膨大期开始, 2S-BM 处理的土壤细菌数量一直处于较高水平, 第二次膨大期

时显著高于 S 处理, 成熟期时显著高于其他各处理, 落叶期时显著高于 CK 和 S-BM 处理。

2.5.2 土壤微生物生物量碳、氮 各处理的土壤微生物生物量碳含量在不同生育期表现出不同的差异(图 6A)。S-BM 处理在幼果期显著高于 2S-BM 处理, 第一次膨大期时显著高于 CK 和 2S-BM 处理; 第二次膨大期时 2S-BM 处理显著高于 CK 和 S-BM 处理; 成熟期时 CK 处理显著低于其他处理; 落叶期时 2S-BM 处理显著高于 CK 和 S-BM 处理。2S-BM 处理的土壤微生物生物量碳含量在幼果期和第一次膨大期时较低, 在第二次膨大期、成熟期和落叶期时较高; S-BM 处理的土壤微生物生物量碳含量变化



(图中小写字母不同表示处理间差异达  $P < 0.05$  显著水平, 下同)

图 3 不同还田处理对梨园土壤速效氮、磷、钾含量的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on contents of soil available N, P and K in pear orchard

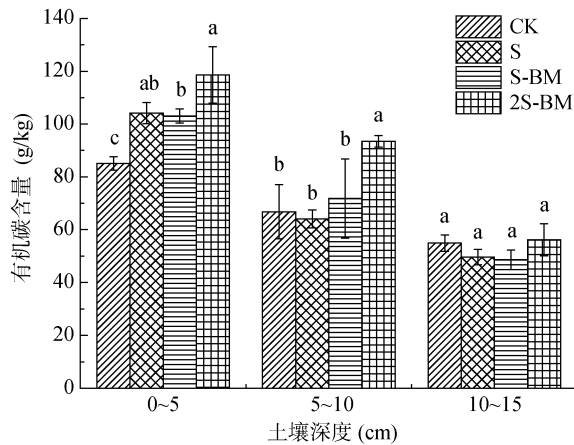


图 4 不同还田处理对梨园土壤有机碳含量的影响

Fig. 4 Effects of different application treatments on contents of soil organic carbon in pear orchard

趋势与 2S-BM 相反, 前两个时期较高, 后 3 个时期较低。

2S-BM 处理的土壤微生物生物量氮含量与微生物生物量碳含量变化相似(图 6B), 幼果期时显著低于 S-BM 处理, 第一次膨大期时显著低于 S 和 S-BM 处理, 第二次膨大期、成熟期和落叶时均为最高, 其中第二次膨大期和落叶期时显著高于其他各处理, 成熟期时显著高于 CK 处理。S-BM 处理的土壤微生物量生物氮含量变化趋势与微生物生物量碳含量的变化趋势相同。

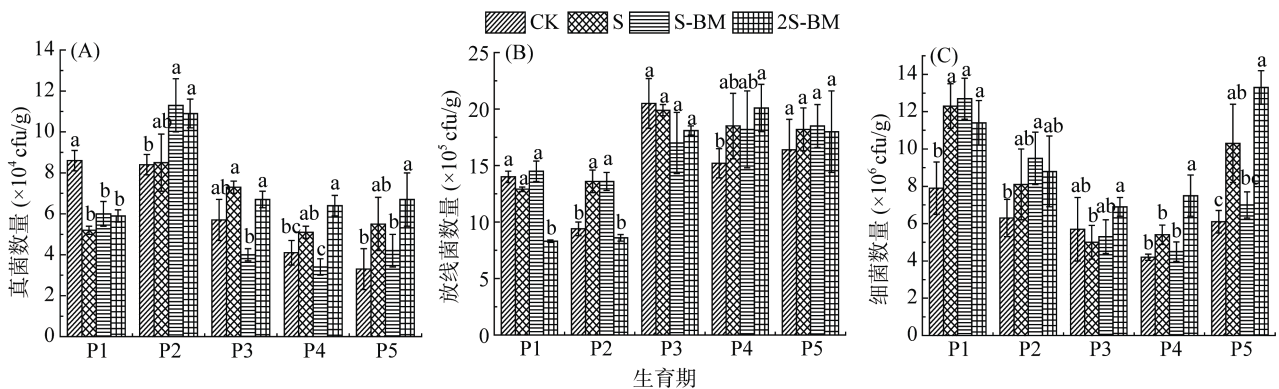
### 2.6 不同还田处理对梨产量的影响

由图 7 可知, 2013 年各处理的梨产量无显著差异, 在 12.7 ~ 13.4 t/hm<sup>2</sup> 范围内。2014 年各处理的梨

表 2 不同还田处理对梨园土壤水溶性有机碳含量的影响 (mg/kg)

Table 2 Effects of different treatments on contents of water soluble organic carbon in pear orchard

处理	幼果期	第一次膨大期	第二次膨大期	成熟期	落叶期
CK	33.7 ± 4.85 a	40.4 ± 7.40 b	36.5 ± 1.82 b	36.9 ± 5.56 b	37.1 ± 4.12 b
S	30.8 ± 3.33 a	36.5 ± 10.6 b	37.0 ± 6.53 b	46.6 ± 11.2 b	41.6 ± 10.3 ab
S-BM	29.5 ± 0.57 a	41.0 ± 7.93 b	40.7 ± 10.4 ab	44.1 ± 1.96 b	53.8 ± 6.45 a
2S-BM	33.8 ± 4.02 a	56.9 ± 6.53 a	47.8 ± 1.54 a	62.9 ± 3.55 a	56.4 ± 9.01 a



(P1: 幼果期; P2: 第一次膨大期; P3: 第二次膨大期; P4: 成熟期; P5: 落叶期, 下同)

图 5 不同还田处理对梨园土壤微生物数量的影响

Fig. 5 Effects of different treatments on quantity of soil microorganisms in pear orchard

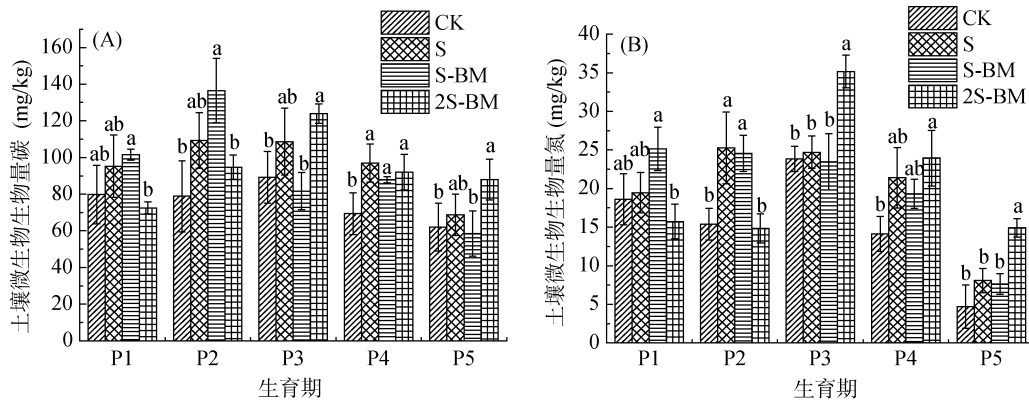


图 6 不同还田处理对梨园土壤微生物量碳、氮含量的影响

Fig. 6 Effects of different treatments on contents of soil microbial biomass carbon and nitrogen in pear orchard

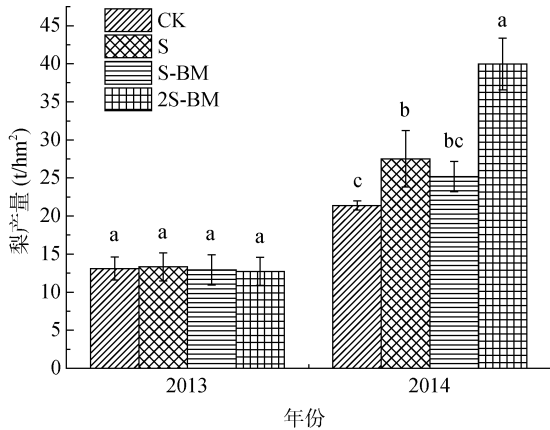


图 7 不同还田处理对梨产量的影响

Fig. 7 Effects of different treatments on pear yields

产量有了显著增长,较上年产量增加 63.0%~214%,这与梨幼树树体的生长和 2014 年单果重的提高有关,2S-BM 处理显著高于其他各处理,2S-BM、S-BM 和 S 处理的梨产量较 CK 处理分别增加 86.9%、17.8% 和 28.7%,2S-BM 处理的增产效果非常显著。

### 3 讨论

#### 3.1 梨园秸秆还田条件下的秸秆腐解特征

秸秆腐解受到多种因素影响,水分和温度是影响其腐解速率的两个关键因素<sup>[14]</sup>。在高温淹水条件下,90 天秸秆腐解率可达 50% 以上,并且秸秆中的氮、磷、钾养分释放迅速,钾的释放率可达 90% 以上<sup>[15-17]</sup>;而在常温、土壤非淹水状态下,秸秆的腐解需要更长的时间,钾素释放缓慢<sup>[18-19]</sup>。本试验中,网袋浸湿后 10 天内秸秆有一定程度的腐解,之后由于水分和温度的限制,秸秆腐解缓慢,而当 30 天后气温回升,雨水增多,微生物活性提高,秸秆开始快速腐解,120 天后秸秆中易分解的纤维素、半纤维素等物质基本分解完全,秸秆腐解速率减缓,腐解率达 50% 及以上。秸秆中氮主要以有机态存在,释放较慢;磷含量较少,离子态的磷在前期迅速释放;钾含量很多,主要以离

子态存在,在秸秆腐解过程中持续释放<sup>[17]</sup>。加入腐解菌肥可以促进秸秆腐解,秸秆的腐解率和氮、钾释放率都有不同程度的提高,但对磷的释放率没有影响;而当秸秆用量增加时,腐解率和钾的释放率会下降,氮、磷的释放率没有显著差异。

#### 3.2 梨园秸秆还田对土壤理化性状的影响

秸秆还田量不同影响到梨园的土壤理化性状,蔡太义等<sup>[20]</sup>研究表明,不同量秸秆覆盖还田对土壤有机碳的影响不同;矫丽娜等<sup>[21]</sup>认为,土壤有机碳含量和酶活性会随秸秆添加量的增加而提高。在本试验中,当秸秆还田量在 45 000 kg/hm<sup>2</sup> 时,0~10 cm 土层的有机碳含量显著增加,梨树不同生育时期的土壤水溶性有机碳含量提高幅度在 31.0%~70.5%,土壤体积质量减小,孔隙度增加;而当秸秆还田量在 22 500 kg/hm<sup>2</sup> 时,0~5 cm 土层的有机碳含量增加幅度只为前者的一半,5~10 cm 土层的有机碳含量没有明显增加,落叶期前的土壤水溶性有机碳含量提高幅度不显著,土壤体积质量基本没有变化。

不同土壤深度处的养分含量不同,本试验中土壤碱解氮、速效磷、速效钾和有机碳含量随着土壤深度的增加逐渐降低,与闫瑞瑞等<sup>[22]</sup>研究报道一致。45 000 kg/hm<sup>2</sup> 秸秆还田处理下土壤的速效养分含量在 0~5、5~10 和 10~15 cm 土壤深度处均得到显著提高,而 22 500 kg/hm<sup>2</sup> 秸秆还田处理下只有土壤速效钾含量和未施用腐解菌肥处理的土壤碱解氮含量在 0~5 cm 土壤深度处显著提高,施用腐解菌肥的处理由于秸秆快速腐解对氮的需求使得土壤碱解氮的提升效果不明显。因此,在梨园中进行秸秆覆盖还田,45 000 kg/hm<sup>2</sup> 的秸秆用量可以较为明显地提高土壤有机碳含量,降低体积质量,增加土壤养分含量,而 22 500 kg/hm<sup>2</sup> 的秸秆用量可能需要超过两年的时间才能产生比较明显的效果。

### 3.3 梨园秸秆还田对土壤生物性状和梨产量的影响

土壤微生物对增加土壤肥力、改善土壤结构、促进自然界的物质循环具有重要作用<sup>[23]</sup>, 土壤微生物生物量碳、氮与土壤微生物数量密切相关, 是评价土壤肥力的一项重要指标<sup>[24]</sup>。秸秆还田可以为微生物提供碳源和氮源, 增加微生物生物量, 提高微生物的活性<sup>[25]</sup>, 不同还田处理对土壤微生物和微生物生物量碳、氮的影响各不相同。45 000 kg/hm<sup>2</sup> 秸秆还田处理的土壤放线菌数量在幼果期和第一次膨大期时显著低于其他两个秸秆处理, 土壤细菌数量从第二次膨大期时开始明显高于其他处理, 土壤微生物生物量碳、氮含量变化趋势表现为前两 2 个时期较低, 后 3 个时期较高。其原因是大量的秸秆覆盖使得春季土壤温度升温较慢(图 2), 影响到微生物的数量和活性, 从而限制了微生物生物量碳、氮含量的提高, 随着土壤温度的提高, 秸秆大量腐解, 微生物数量和微生物生物量碳、氮含量得到明显增加。22 500 kg/hm<sup>2</sup> 秸秆还田施用腐解菌肥处理的土壤真菌数量在生育后期有明显的下降, 可能是因为在秸秆腐解过程中细菌的竞争作用导致的。施用腐解菌肥对土壤微生物生物量碳、氮含量的影响不明显。

在第二年试验中 45 000 kg/hm<sup>2</sup> 秸秆还田处理的梨产量有了极为明显的增加, 与其土壤养分的提高和质地的改良密切相关。试验地梨园土壤黏重, 犁底层坚实, 高量秸秆还田增加了土壤的有机碳含量, 减小了土壤体积质量, 促进了根系的下扎和树体的生长, 从而提高了产量。由于树龄较小, 挂果量低, 梨树以营养生长为主, 不同秸秆还田处理对果实品质的影响没有显著差异, 经过长期试验后可能会有不同的影响。

## 4 结论

秸秆覆盖量影响其对土壤的改良效果, 当秸秆用量在 45 000 kg/hm<sup>2</sup> 时覆盖会显著提高梨园土壤养分含量, 降低土壤体积质量, 同时还能够提高梨果产量。秸秆覆盖对土壤的改良效果是由上到下的, 本试验中 0~5 cm 土壤的养分含量提升效果更为明显。此外, 大量秸秆覆盖在梨树生育前期由于延缓土壤温度提高, 会明显影响土壤微生物的数量和活性, 这一状况在梨树生育后期会得到改变。在梨园管理过程中, 可以根据当地的土壤状况, 选择合适的秸秆覆盖量, 在经过较长时间的腐解后将秸秆翻入土壤中, 达到改良土壤的目的。

## 参考文献:

- [1] 谢凯, 李元军, 乐文全, 等. 环渤海湾地区主要梨园土壤养分状况及养分投入研究[J]. 土壤通报, 2013, 44(1): 132-137
- [2] 王见月, 刘庆花, 李俊良, 等. 胶东果园土壤酸度特征及酸化原因分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 164-169
- [3] Dahiya R, Ingwersen J, Streck T. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modeling[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 96(1): 52-63
- [4] Eberbach P L, Humphreys E, Kukal S S. The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration and soil evaporation of irrigated wheat in Punjab, India[J]. Agricultural Water Management, 2011, 98(12): 1 847-1 855
- [5] 邹聪明, 王国鑫, 胡小东, 等. 秸秆覆盖对套作玉米苗期根系发育与生理特征的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 496-500
- [6] Rahman M A, Chikushi J, Saifizzaman M. Rice straw mulching and nitrogen response of no-till wheat following rice in Bangladesh[J]. Field Crops Research, 2005, 91(1): 71-81
- [7] 周江涛, 吕德国, 秦嗣军. 不同有机物覆盖对冷凉地区苹果园土壤水温环境及速效养分的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(9): 2 551-2 556
- [8] 赵德英. 梨园树盘覆盖的土壤生态效应及树体生理响应研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013
- [9] Ocio J A, Brookes P C, Jenkinson D S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1991, 23(2): 171-176
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2005
- [11] 武际, 郭熙盛, 鲁剑巍, 等. 不同水稻栽培模式下小麦秸秆腐解特征及对土壤生物学特性和养分状况的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(2): 565-575
- [12] 周德庆. 微生物学教程[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2002
- [13] Brookes P C, Landman A, Pruden G. Chloroform fumigation and the release of soil N: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1985, 17(6): 837-842
- [14] 赵月. 温度和含水量对不同作物秸秆土壤降解速率及相关指标影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012
- [15] 武际, 郭熙盛, 王允青, 等. 不同水稻栽培模式和秸秆还田方式下的油菜、小麦秸秆腐解特征[J]. 中国农业科学, 2011, 44(16): 3 351-3 360
- [16] 胡宏祥, 程燕, 马友华, 等. 油菜秸秆还田腐解变化特征及其培肥土壤的作用[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(3): 297-302
- [17] 戴志刚, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 不同作物还田秸秆的养分释放特征试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 272-276

- [18] 匡恩俊, 迟凤琴, 宿庆瑞, 等. 不同还田方式下玉米秸秆腐解规律的研究[J]. 玉米科学, 2012(2): 99–101, 106
- [19] 卢秉林, 车宗贤, 包兴国, 等. 河西绿洲灌区玉米秸秆带膜还田腐解特征研究[J]. 生态环境学报, 2012, 21(7): 1 262–1 265
- [20] 蔡太义, 黄会娟, 黄耀威, 等. 不同量秸秆覆盖还田对土壤活性有机碳及碳库管理指数的影响[J]. 自然资源学报, 2012, 27(6): 964–974
- [21] 矫丽娜, 李志洪, 殷程程, 等. 高量秸秆不同深度还田对黑土有机质组成和酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2015, 52(3): 665–672
- [22] 闫瑞瑞, 卫智军, 辛晓平, 等. 放牧制度对荒漠草原生态系统土壤养分状况的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(1): 43–51
- [23] 刁治民, 周富强, 高晓杰. 农业微生物生态学[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2008
- [24] Nsabimana D, Haynes R J, Wallis F M. Size activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use[J]. Applied Soil Ecology, 2004, 26(2): 81–92
- [25] Yu C, Liu H, Xing Y. Bioconversion of rice straw into a soil-like substrate[J]. Acta Astronautica 2008, 63(7): 1 037–1 042

## Effects of Straw Decomposition Characteristics on Soil Properties of Pear Orchard

ZHAO Peng<sup>1,2</sup>, WANG Shuo<sup>1</sup>, YE Suying<sup>1</sup>, WANG Jie<sup>1</sup>, DONG Caixia<sup>1,2\*</sup>, XU Yangchun<sup>1,2</sup>

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;  
2 Jiangsu Collaborative Innovation Center for Solid Organic Waste Resource Utilization, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of the straw decomposition on soil physical, chemical properties and biological properties of pear orchard, field experiments were carried out, treatments were included plastic mulching(CK), straw mulching(S), straw mulching + decomposing bacterial manure(S-BM), double straw mulching + decomposing bacterial manure(2S-BM). The results showed that the decomposition rate was 62.4% for S-BM treatment, while were 50% for S and 2S-BM treatments. Release rates of nitrogen and potassium of S-BM treatment were the highest under straw mulching after 150 d. Straw mulching increased soil lowest temperature, decreased soil highest temperature and temperature amplitude. The content of soil dissolved organic carbon increased while soil bulk density decreased significantly in 2S-BM treatment. Straw mulching increased soil organic carbon content at 0–5 cm, 2S-BM treatment enhanced soil available nutrient content at 0–15 cm, and S and S-BM increased soil available potassium content at 0–5 cm, significantly. 2S-BM treatment increased the number of soil bacteria, fungi and the contents of soil microbial biomass carbon and nitrogen in the late growth stage of pear tree. In addition, pear yields of 2S-BM, S-BM and S treatments were 86.9%, 17.8% and 28.7% higher than the CK respectively. Straw mulching improved soil properties from top to bottom, and the effect of soil improvement was very obvious when the amount of returning straw was 45 000 kg/hm<sup>2</sup> in pear orchard.

**Key words:** Straw mulching; Decomposition characteristics; Soil microorganisms; Soil nutrients