

地膜-秸秆双重覆盖模式下果园土壤 养分含量研究

蔡铭阳¹, 谢永生^{1,3}, 索改弟², 丁新辉^{3,4}

(1.西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2.西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100;
3.中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 4.中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 为了研究地膜-秸秆双重覆盖模式对渭北旱塬果园土壤养分含量的影响,对5个不同处理(地膜压玉米秆双重覆盖、地膜压短麦秆双重覆盖、长麦秆压地膜双重覆盖、地膜压长麦秆双重覆盖和无覆盖清耕对照)下果园0~100 cm土层深度范围内的土壤养分含量进行测定,并统计了苹果产量。结果表明:地膜-秸秆双重覆盖模式能显著提高果园土壤养分平均含量,并提升养分有效性;其中地膜压短麦秆双重覆盖处理综合效果最佳,土壤有机质、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾含量均显著高于无覆盖对照($P < 0.05$),提高比例分别为29.72%、8.82%、19.35%、51.87%、22.66%;碱解氮含量提高比例高于全氮,说明该模式能够提高氮肥有效性。与无覆盖对照相比,地膜-秸秆双重覆盖模式对土壤剖面养分垂直变异影响不明显,均呈现出随深度增加先降低后缓慢递增的趋势。从提高土壤养分含量和提升其养分有效性的角度出发,利用地膜压短麦秆双重覆盖模式进行果园土壤管理可以成为实现渭北旱塬果园高产、稳产、稳产的有效途径之一。

关键词: 苹果园;地膜-秸秆双重覆盖;土壤养分;土壤剖面;渭北旱塬

中图分类号: S661.1;S154.1 **文献标志码:** A

The research of film-straw mulching pattern on soil nutrient content in an apple orchard

CAI Ming-yang¹, XIE Yong-sheng^{1,3}, SUO Gai-di², DING Xin-hui^{3,4}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

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

3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China;

4. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: In order to investigate the influence of film-straw mulching pattern on soil nutrient content in an apple orchard of Weibei dryland, soil nutrient content across the 0~100 cm soil profile under five mulching treatments, including plastic film covering maize straw, plastic film covering short wheat straw, long wheat straw covering plastic film, plastic film covering long wheat straw and a non-mulching control, was measured and the apple yield was recorded as well. Results showed that film-straw mulching pattern could significantly increase the average soil nutrient content and nutrient availability. The treatment of plastic film covering short wheat straw showed the best comprehensive effect. Its content of soil organic matter, total nitrogen, alkali-hydrolysable nitrogen, available phosphorus and available potassium were significantly higher than those of the non-mulching control by 29.72%, 8.82%, 19.35%, 51.87% and 22.66%, respectively ($P < 0.05$). The increasing percentage of alkali-hydrolysable nitrogen content was higher than that of total nitrogen content, indicating that the pattern could increase the availability of nitrogen fertilizer. However, compared to the control, film-straw mulching pattern had no significant effect on the vertical variation of soil nutrient content along the profile. They all showed a trend that soil nutrient content decreased at first and then increased slowly with soil depth. It could be speculated that with the improvement of soil nutrient content and nutrient availability, the mulching mode of

收稿日期:2015-11-27

基金项目:国家科技支撑计划项目(2011BAD31B01)

作者简介:蔡铭阳(1991—),男,河南洛阳人,硕士研究生,主要从事果园生态与水土保持研究。E-mail:254915536@qq.com.

通信作者:谢永生(1960—),男,河南开封人,研究员,博士,主要从事土地资源调查与利用、水土保持技术等研究。E-mail:ysxie@ms.iswc.ac.cn.

plastic film covering short wheat straw could be used as one of the most effective measures that is helpful in reaching high yield, excellent quality and dependable crop in Weibei dryland.

Keywords: apple orchard; film-straw mulching; double mulching; soil nutrient; soil profile; Weibei dryland

陕西省是中国水果生产第一大省,苹果产业已成为促进陕西省区域经济发展、解决“三农”问题以及改善生态环境的支柱型产业^[1-2]。2013年陕西苹果种植面积达到66.52万hm²,比2012年种植面积扩大3.5%,苹果产量942.82万t,继续稳居全国第一;2013年陕西苹果总产值约达358亿元^[3]。土壤营养状况是影响果树产量和果实品质的重要因素之一^[4],然而渭北地区由于果园土壤管理方式落后单一,导致果实产量、品质受到影响,经济效益较低等问题日益凸显^[5]。目前,通过改变果园土壤管理方式来改善土壤营养状况已成为提高果实产量和品质的重要手段之一^[6-8]。

地表覆盖技术是提高土地和作物生产力的重要措施之一^[9],在保持水土、调节地温、涵养水源等方面效果显著,部分技术已足够成熟并在旱地果业领域发挥了重要作用^[10]。随着诸多学者大量的研究实践,该项技术在覆盖材料及覆盖模式上的探索得以不断深入,并获得了一些成果^[11-13]。董海强等^[11]研究发现,覆盖措施能起到调节果园地温、提高土壤含水量、增强土壤呼吸的作用,但不同覆盖材料间存在差异。Gomez等^[12]研究发现,果园生草措施有利于改善土壤理化特性,减少产流产沙和养分损失。Adekalu等^[13]研究表明,在地表覆盖植物残留物是土壤保水的有效方法之一,它可以减少地表径流、增加土壤入渗从而减弱土壤侵蚀。

然而,在渭北旱塬地区地表覆盖技术研究的着眼点多处于对作物产量或土壤水分变异的影响上,且覆盖方式多以单一覆盖材料为主^[11-15],对果园土壤养分在双重覆盖条件下的变化研究相对较少。本文通过对4种不同覆盖模式(地膜压玉米秆双重覆盖、地膜压短麦秆双重覆盖、长麦秆压地膜双重覆盖、地膜压长麦秆双重覆盖)和清耕无覆盖处理下不同土层养分变化情况进行对比分析,以期找到渭北旱塬雨养农业区果园土壤养分利用最合适的地表覆盖模式,为该地区形成高效、优质、高产、生态、可持续发展的苹果产业提供技术支持。

1 研究地区与研究方法

1.1 试验区概况

试验区设在中国科学院长武生态农业试验站,该站位于陕西省长武县洪家镇王东村(35°12' N,

107°40' E),地处黄土高原南部高塬沟壑区,该区是我国典型雨养农业区^[16]。试验站海拔1200 m,属暖温带半湿润大陆性季风气候。年均气温为9.1℃,无霜期为171 d,多年平均降雨量为584 mm,≥10℃活动积温为3029℃,年日照时数为2230 h,日照率为51%,年辐射总量为4837 kJ·cm⁻²。土壤为轻壤、中壤质黑垆土,有机质含量为13.44±3.07 g·kg⁻¹,总孔隙度47.5%~56.0%,剖面平均pH为8.3,0~1 m、1~2 m、2~3 m和3~10 m剖面内平均体积质量分别为1.34、1.28、1.31 g·cm⁻³和1.30 g·cm⁻³^[17]。根据实测水分特征曲线得出的水分常数分别是:田间持水量为230 g·kg⁻¹(3×10⁴ Pa),初始凋萎湿度为127 g·kg⁻¹(6×10⁵ Pa),萎蔫系数为106 g·kg⁻¹(1.5×10⁶ Pa)^[18]。

1.2 试验设计

本试验果树为长枝红富士,树势中庸,在当地具有代表性。各项处理地膜、秸秆措施于2009年底开始布设,至采集相关土样时,试验已布设近5年。试验小区共设5个处理,由南向北随机分布:地膜压玉米秆覆盖(I)、地膜压短麦秆覆盖(II)、长麦秆压地膜覆盖(III)、地膜压长麦秆覆盖(IV)、无覆盖清耕处理,其中无覆盖清耕处理设为对照(CK);不同处理各设3次重复。试验期间各试验小区树体管理统一,施肥条件一致,全部进行套袋生产。各覆盖处理布设具体见表1。

果园株、行距3 m×4 m;所有地表覆盖措施均在果树两侧各2 m内紧挨果树沿行呈带状分布,带宽1 m,行间留下2 m的工作区;由于存在厚5 cm左右的秸秆覆盖单元,使带中高度高于带间,因此未另外采取起垄措施。地膜选用厚0.015 mm的无色透明聚乙烯塑料渗水膜,并于铺设时适度打孔,再加上平时农事操作的轻微破坏,减少蒸散的同时确保降水充分下渗;每年5月、11月初将旧膜清出园外统一处理,把腐熟秸秆翻入土壤并适量增加新秸秆以保证5 cm的覆盖厚度,同时以相同方式更换新膜。

1.3 测定指标和方法

于2014年苹果采收季节(9月下旬—10月上旬)实地调查不同覆盖模式下单株果实产量、单果质量和优果率。苹果果实采收后,每个处理避开施肥点,按照“S”形曲线采集法,在0~100 cm深度范围内每隔20 cm分层取样,并将土壤剖面样品混合、自

表 1 不同覆盖处理的试验设计

Table 1 The experimental design of different mulching treatments

覆盖处理 Mulching treatment	处理方法 Treatment method
地膜压玉米秆覆盖(I) Plastic film covering maize straw	地表先覆盖长 5 cm 的玉米秆,覆盖厚度为 5 cm,再加盖地膜 Soil was covered firstly by corn straw with length of 5 cm, which had the thickness of 5 cm, and then by plastic film.
地膜压短麦秆覆盖(II) Plastic film covering short wheat straw	地表先覆盖长 5 cm 的短麦秆,覆盖厚度为 5 cm,再加盖地膜 Soil was covered firstly by wheat straw with length of 5 cm, which had the thickness of 5 cm, and then by plastic film.
长麦秆压地膜覆盖(III) Long wheat straw covering plastic film	地表先经地膜覆盖,然后膜上加盖长 15 cm、厚 5 cm 的长麦秆 Soil was covered firstly by plastic film and then by wheat straw with length of 15 cm, which was 5 cm thickness.
地膜压长麦秆覆盖(IV) Plastic film covering long wheat straw	地表先覆盖长 15 cm 的长麦秆,覆盖厚度为 5 cm,再加盖地膜 Soil was covered firstly by wheat straw with length of 15 cm, which had the thickness of 5 cm, and then by plastic film.
无覆盖清耕处理(CK) Non-mulching control	常规清耕,无任何覆盖措施 Traditional tillage without mulching

然风干后研磨,过 1 mm 和 0.25 mm 筛保存备用;最终测定样品中有机质、全氮、碱解氮、速效磷和速效钾的含量(文中不同覆盖处理土壤养分含量取 0~100 cm 土层深度的平均值)。

苹果可溶性糖含量用蒽酮—硫酸比色法进行测定,土壤有机质用重铬酸钾外加热氧化法测定,全氮含量用半自动凯氏定氮仪测定,碱解氮用碱解扩散法测定,速效磷用 NaHCO_3 浸提紫外分光光度计法测定,速效钾用 NH_4OAc 浸提原子吸收分光光度计测定^[19]。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Office Excel 2010 进行数据初步处理及绘图工作;采用 IBM SPSS Statistics 20 软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖处理对不同土层土壤有机质含量的影响

由图 1a 各处理间横向比较可以看出,处理 I~IV 与 CK 相比土壤有机质含量均有提高,提高程度分别为 6.94%、29.72%、9.18%、21.78%;不同处理间土壤有机质含量表现为:处理 II(地膜压短麦秆, $16.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) > 处理 IV(地膜压长麦秆, $15.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) > 处理 III(长麦秆压地膜, $13.73 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) > 处理 I(地膜压玉米秆, $13.45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) > CK(清耕, $12.58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。0~20 cm 土层中,处理 II 和处理 IV 有机质含量较高,显著高于其它处理,其中处理 II 含量最高($19.52 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),高于 CK 24.14%;20~40 cm 土层中,处理 II、III、IV 的有机质含量均较高,显著高于 CK 和处理 I;40~80 cm 土层中处理 IV 有机质含量显著高于其它处理,其它处理略有差异但不显著。

80~100 cm 土层中有机质含量无明显差异($P < 0.05$)。

由图 2a 纵向空间分布分析显示,土壤有机质含量随着土层深度的增加基本一致,呈现先降低后增高的趋势,其中 0~20 cm 土层有机质含量最高($17.62 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),40~60 cm 土层有机质含量最低($11.68 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。0~60 cm 土层内有机质含量随土层深度加深变化比较明显,呈较大幅度下降趋势;60~100 cm 土层内有机质含量呈缓慢递增趋势。

2.2 不同覆盖处理对不同土层土壤全氮含量的影响

由图 1b 各处理间横向对比可以看出,地膜-秸秆双重覆盖处理能有效提高果园土壤全氮含量,但双重覆盖各处理间差异并不显著。处理 I~IV 与 CK 相比土壤全氮含量均有一定程度提高,提高程度分别为 8.97%、8.82%、7.61% 和 7.62%;不同处理间土壤全氮含量表现为:处理 II(地膜压短麦秆, $0.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) = 处理 I(地膜压玉米秆, $0.71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) > 处理 IV(地膜压长麦秆, $0.70 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) > 处理 III(长麦秆压地膜, $0.69 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) > CK(清耕, $0.65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。0~20 cm 土层中,处理 I 的全氮含量最高($0.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),显著高于其它处理;20~40 cm 土层中,处理 III 和处理 IV 的全氮含量较高,显著高于其它处理;40~60 cm 土层中,全氮含量达到最低值,其中处理 III 全氮含量最高,显著高于其它处理($P < 0.05$);60~100 cm 土层中,全氮含量较上一土层有所增加,处理 I 的全氮含量最高($0.65 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$),高于 CK 10.25%。

由图 2b 纵向空间分布分析显示,土壤全氮含量变化趋势基本一致,呈现随土层深度的增加先降低后提高的趋势。其中表层土 0~20 cm 全氮含量最

高($0.86 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$),在40~60 cm土层处达到最小值($0.58 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)。0~60 cm土层中全氮含量下降幅度较大,为32.12%;60~100 cm土层中全氮含量呈递增趋势,但递增速率小于0~60 cm土层。

2.3 不同覆盖处理对不同土层土壤碱解氮含量的影响

由图1c各处理横向比较看出,处理I~IV与CK相比有效提高了土壤中碱解氮含量,提高程度分别为10.78%、19.35%、2.28%和8.31%;各处理土壤碱解氮含量梯度为:处理II(地膜压短麦秆, $37.30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理I(地膜压玉米秆, $34.62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理IV(地膜压长麦秆, $33.85 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理III(长麦秆压地膜, $31.96 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > CK(清耕, $31.26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。0~20 cm土层中,处理I碱解氮含量最高,显著高于其它处理,处理II、处理III间差异不显著;20~40 cm土层中,处理II碱解氮含量最高,显著高于其它处理;40~60 cm土层中,CK处理的碱解氮含量显著高于其它处理,但处理I~IV间差异不明显($P < 0.05$)。

从图2c纵向空间分布比较显示,果园土壤碱解氮含量随着土层深度的增加整体呈现降低的趋势。碱解氮主要集中在0~40 cm上层土层($44.19 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$),高于40~100 cm下层土层($27.14 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)62.82%。0~60 cm土层内碱解氮含量迅速下降,60~100 cm土层中各处理碱解氮含量基本保持不变。

2.4 不同覆盖处理对不同土层土壤速效磷含量的影响

图1d各处理间横向比较显示,处理I~IV与CK相比较土壤速效磷含量均有提高,提高幅度分别为65.10%、51.87%、13.07%、13.74%;各处理间土壤速效磷含量大小关系表现为:处理I(地膜压玉米秆, $14.60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理II(地膜压短麦秆, $13.42 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理IV(地膜压长麦秆, $10.06 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理III(长麦秆压地膜, $10.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > CK(清耕, $8.84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。0~20 cm土层中处理I、处理II和处理III与CK相比差异显著,但处理IV并不显著($P < 0.05$);20~40 cm土层内处理I的速效磷含量最高,极显著高于其它处理($P < 0.01$),处理III、处理IV差异不显著;40~100 cm土层内处理I~IV及CK中土壤速效磷含量处于极低水平且处理间差异不显著。

由图2d纵向空间分布可以看出,土壤速效磷含量随着土层深度的增加变化趋势基本一致,呈现出先稳步递增随后急剧下降的趋势。速效磷主要集中在20~40 cm土层,不同土层速效磷含量表现为20

~40 cm上层土层($29.86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 0~20 cm表层土层($17.41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 40~100 cm下层土层($3.22 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$);20~40 cm上层土层内速效磷含量与其它各土层速效磷含量差异极显著($P < 0.01$),比0~20 cm土层中速效磷含量高71.56%,比40~100 cm下层土层中速效磷含量高828.8%。

2.5 不同覆盖处理对不同土层土壤速效钾含量的影响

根据图1e各处理间横向对比结果看出,地膜-秸秆双重覆盖模式不同处理中,除处理I效果低于CK外,其它处理均能显著提高果园土壤速效钾含量。处理I~IV与CK对比情况为-6.37%、22.66%、24.24%、14.08%;各处理土壤速效钾含量大小关系为:处理III(长麦秆压地膜, $234.45 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理II(地膜压短麦秆, $231.46 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理IV(地膜压长麦秆, $215.26 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > CK(清耕, $188.70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 处理I(地膜压玉米秆, $176.68 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。0~20 cm土层中各处理间均有显著差异,其中处理IV速效钾含量高于CK31.20%;20~40 cm土层内处理II速效钾含量显著高于其它处理,但处理IV与CK差异并不显著,并且处理I速效钾含量比CK低36.57%,显著低于CK;40~60 cm土层中处理II、处理III速效钾含量极显著高于其它处理($P < 0.01$),但二者之间含量差异不显著;60~100 cm土层内处理I~IV及CK差异显著性弱于其上各土层;各处理速效钾含量也处于较低水平($P < 0.05$)。

结合图2e显示的土壤速效钾垂直变化特点,果园土壤速效钾含量除处理II外基本呈现随土层深度的增加呈现先降低后稳定的趋势。速效钾主要集中在0~40 cm土层($278.17 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$),高于40~100 cm土层($163.41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)70.23%。0~40 cm土层内速效钾含量下降幅度较大,在40 cm处形成极值点,而后随深度的增加速效钾含量以极小幅度下降并逐渐趋于稳定。

2.6 不同覆盖处理对苹果产量和品质的影响

由表2可以看出,覆盖处理I~IV均能不同程度提高苹果产量、单果质量、可溶性糖含量和优果率。除单株产量方面处理IV与CK差异不显著以外,各处理与CK均达到显著差异水平($P < 0.05$),其中处理II的产量最高($18.1 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$),高于CK13.2%;处理I、处理II单果质量较高,与CK差异显著;除处理III外其余处理苹果可溶性糖含量均显著高于CK。因此,从果实产量和品质的角度来看,处理II的综合效果最佳。

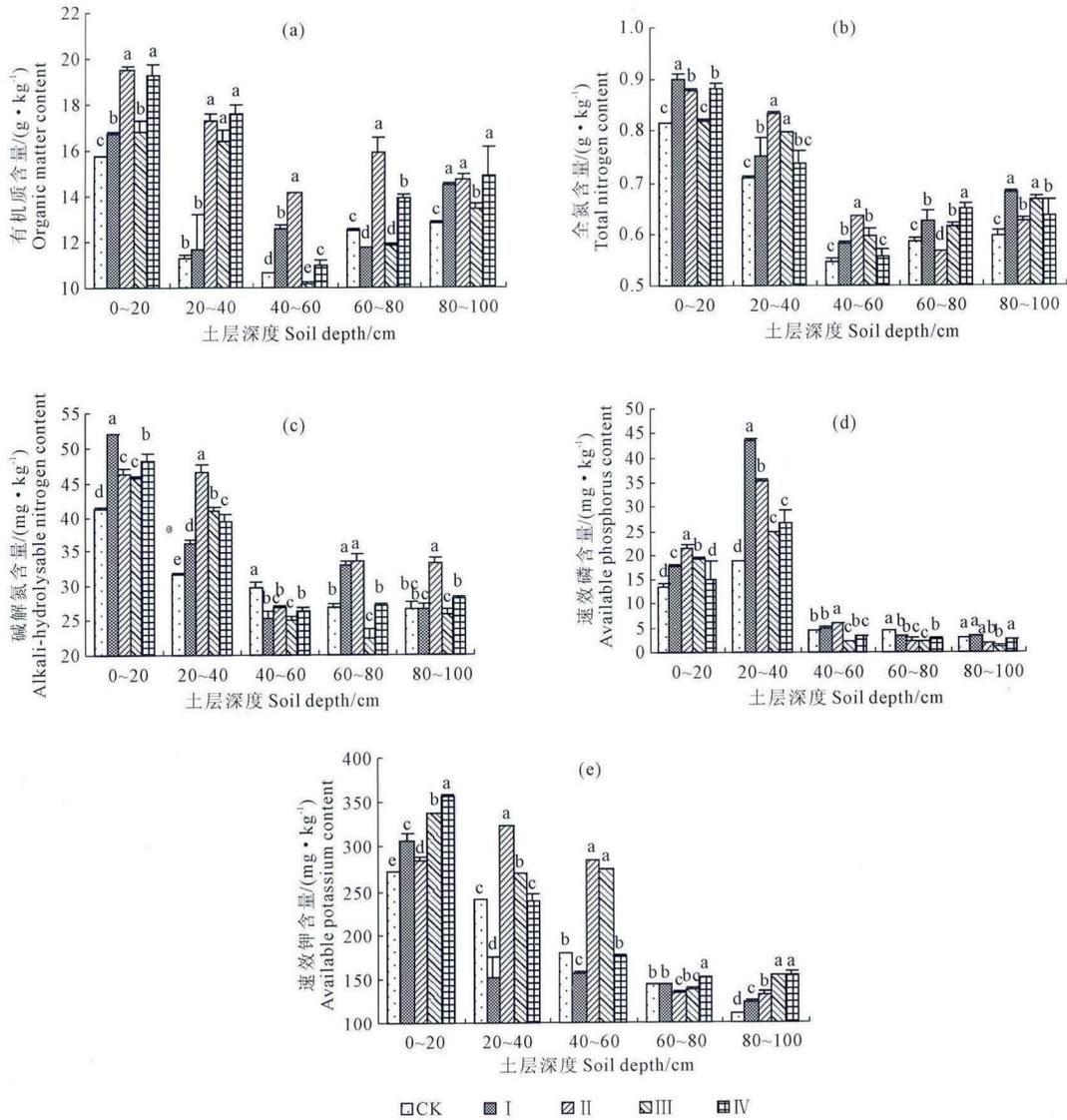


图 1 不同覆盖处理不同土层土壤养分含量

Fig. 1 Nutrient content in soil profile for different mulching treatments

表 2 不同覆盖处理对苹果产量和品质的影响

Table 2 Effects of different mulching treatments on apple fruit yield and its quality

处理 Treatment	单株产量 Apple yield per plant/kg	单果质量 Individual fruit mass/g	可溶性糖含量 Soluble sugar /%	优果率 Excellent fruit proportion/%
CK	36.51 d	212.3 c	9.27 b	70.3
I	40.82 b	262.4 a	12.04 a	80.5
II	41.32 a	239.3 b	12.78 a	89.1
III	37.94 c	221.8 bc	9.89 b	77.9
IV	37.12 cd	238.3 b	11.77 a	88.2

3 结论与讨论

总结本研究结果可以看出,地膜-秸秆双重覆盖模式能有效提高果园土壤有机质含量。处理 I ~ IV 有机质含量与 CK 相比均有不同程度的提高,提

高程度分别为 6.94%、29.72%、9.18%、21.78%。其中处理 II (地膜压短麦秆覆盖) 表现尤为良好, 0~40 cm 土层内有机质含量显著高于 CK 及其它处理。土壤有机质主要是由腐殖质和土壤有机物质转化而成^[20-21], 地膜-秸秆双重覆盖的秸秆单元增加了表层土有机物质质量的累积, 同时相对于长麦秆和玉米秆, 短麦秆比表面积较大, 与土壤各组分接触更为充分, 地膜单元又提供了适宜微生物旺盛活动的条件, 促进了微生物分解活动进行及腐殖质形成。本研究显示土壤有机质含量随着土层深度的增加呈现先降低后增高的趋势, 这是由于上层土壤有机物质和腐殖质累积量较高, 同时 0~40 cm 上层土层是果树根系的主要分布区域^[22], 根系消耗养分较多, 因而呈现出表层土壤有机质含量最高, 0~40 cm 随土层增加而逐渐降低的趋势, 在 40~60 cm 土层处达

到最低值;60 cm 土层以下果树根系分布减少,果树消耗土壤有机质降低,因此有机质含量有所回升。但王琳等^[23]研究发现,贡嘎山东坡自然垂直带土壤有机质大致呈“倒 L”形分布,下层土壤并无有机质含量回升现象。通过本试验比较可知,贡嘎山东坡

土壤发育不如渭北旱塬果园区成熟,土层厚度较小,35 cm 处土壤已近于母质性质,有机质难以在植被根系较少的深层土层有效恢复,从而未能显示出有机质的回升。

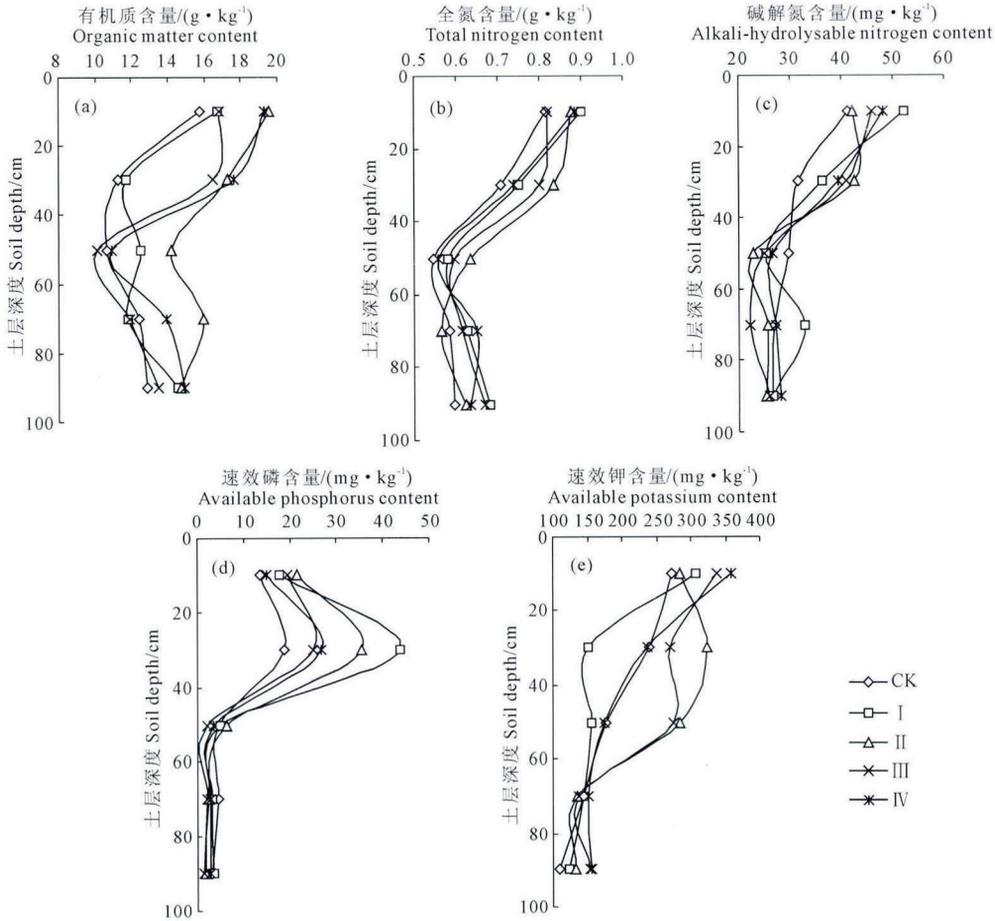


图 2 不同覆盖处理不同土层土壤养分含量纵向空间分布

Fig.2 Longitudinal spatial distribution of nutrient content in soil profile for different mulching treatments

闫翠萍等^[24]研究发现,秸秆中蕴含丰富的氮素资源,秸秆还田可提高土壤氮素含量,减少氮肥施用量,增加培肥效果。本研究中地膜-秸秆双重覆盖模式处理 I~IV 果园土壤全氮含量和碱解氮含量与 CK 相比均有不同程度的提高,全氮含量提高程度分别为 8.97%、8.82%、7.61% 和 7.62%,碱解氮含量提高程度为 10.78%、19.35%、2.28% 和 8.31%,这也从另一角度证明了这一观点。同时发现处理 I (地膜压玉米秆覆盖)和处理 II (地膜压短麦秆覆盖)之间差异虽不明显,但与处理 III (长麦秆压地膜覆盖)、处理 IV (地膜压长麦秆覆盖)土壤全氮和碱解氮含量仍有一定程度的差异,这可能与秸秆覆盖单元中碳氮比不同有关。林心雄^[25]研究认为,秸秆碳氮比过大时,微生物分解过程中会固定一定含量的氮。小麦秸秆的碳氮比为 87:1,大于玉米秸秆的碳氮比

为 53:1,而适宜土壤微生物分解有机物质的碳氮比值为 25~30^[26],因此地膜压玉米秆处理的土壤全氮含量较高。同时本研究发现 0~60 cm 土层中全氮和碱解氮含量随深度增加下降幅度较大。究其原因,除秸秆覆盖单元作用以及果树根系养分消耗作用外,地膜覆盖单元营造的耕层微生物优良的生存环境也起到了重要作用。于爱忠^[27]研究认为,地膜覆盖技术能显著改善 0~40 cm 耕层土壤温度、水分状况,提高产量及水分利用效率,而土壤含水量和土壤温度是影响秸秆腐解速率的两个重要因素,良好的土壤水分、温度条件能够促进土壤微生物分解旺盛活动,从而提高土壤全氮和碱解氮含量^[26],这也印证了本研究地膜-秸秆双重覆盖模式中的地膜覆盖单元的作用。

一些研究^[28-29]认为,单一秸秆还田、单一地膜

覆盖对土壤速效磷含量变化的影响较小,且没有明显规律可循,但本研究发现,二者结合的双重覆盖模式却能显著提高果园土壤速效磷含量。处理 I ~ IV 与 CK 相比较土壤速效磷含量均有明显提高,提高幅度分别为 65.10%、51.87%、13.07%、13.74%,其中处理 I (地膜压玉米秆覆盖)和处理 II (地膜压短麦秆覆盖)在 20 ~ 40 cm 土层内提高幅度显著高于其它处理。陆安祥^[30]研究认为,无覆盖条件下,表层土壤全磷、速效磷存在向土壤深处淋溶的趋势,但迁移能力较弱。然而本研究发现,由于地膜 - 秸秆双重覆盖可以有效改善土壤水分条件,增强降水的局部入渗^[10,14,31],因此表层土壤磷素向中层土壤淋溶的能力也得到提升;同时由于在表层土壤分布的果树根系对磷素的大量消耗,导致出现全磷含量在 20 ~ 40 cm 土层处达到峰值的情况。处理 I、II 与其它处理的差异可能与地膜 - 秸秆双重覆盖耦合效应所引起的秸秆腐熟程度不同有关;20 ~ 40 cm 土层内处理 I (地膜压玉米秆覆盖)的土壤速效磷含量最高,极显著高于其它处理,这可能是由于玉米秸秆中含有较多的磷素造成的^[32]。

本研究结果显示,地膜 - 秸秆双重覆盖模式不同处理中,除处理 I (地膜压玉米秆覆盖)效果低于 CK 外,其它处理均能够显著提高果园土壤速效钾含量,处理 I ~ IV 与 CK 对比增减情况为 - 6.37%、22.66%、24.24%、14.08%。秸秆覆盖单元改善了土壤水、肥、气、热状况,调节了土壤酸碱度,促使土壤微生物旺盛活动,促进土壤有机质矿化作用加速进行,从而促进了土壤速效钾的释放^[33];地膜覆盖单元与之形成协同效应,使土壤速效钾含量显著提高。处理 I (地膜压玉米秆覆盖)土壤速效钾含量低于 CK,这可能与玉米秆中钾素含量低有关^[32]。

与此同时,地膜 - 秸秆双重覆盖模式不同处理对苹果产量和品质也存在影响,处理 II 苹果单株产量、单果质量、可溶性糖含量和优果率与对照相比均有显著提高 ($P < 0.05$)。索改弟^[34]研究认为,不同覆盖处理可以通过改善立地条件,提高苹果叶片、枝条养分含量,优化枝条比例,延长叶片光合时间来改善苹果品质。本研究也证实了该观点的正确。

综上所述可以看出,地膜 - 秸秆双重覆盖模式在提高渭北旱塬果园土壤总养分、速效养分含量以及果实产量、品质方面效果显著,其中处理 II (地膜压短麦秆覆盖)综合效果最佳。应用该模式可以有效提高养分有效性,进而减少化肥使用量,减轻过量施肥引起的一系列不良反应,有利于果园土壤的生态健康可持续发展。但该双重覆盖模式在渭北旱塬

的推广和应用仍受到一些如环境污染等问题的限制^[35],如何妥善处理地膜 - 秸秆双重覆盖模式存在的疑难仍有待进一步深入研究。

参 考 文 献:

- [1] 张党利. 陕西苹果产业的现状、问题与发展对策[J]. 广东农业科学, 2010, (6): 371-373.
- [2] 赵佐平, 同延安, 刘 芬, 等. 长期不同施肥处理对苹果产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(11): 3091-3098.
- [3] 陕西省统计局. 陕西统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013: 255-263.
- [4] 郝荣庭. 果树栽培学总论(第 3 版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [5] 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.
- [6] 王艳廷, 冀晓昊, 吴玉森, 等. 我国果园生草的研究进展[J]. 应用生态学报, 2015, (6): 1.
- [7] Palese A M, Vignozzi N, Celano G, et al. Influence of soil management on soil physical characteristics and water storage in a mature rain-fed olive orchard[J]. Soil and Tillage Research, 2014, 144: 96-109.
- [8] 张 义, 谢永生, 郝明德, 等. 不同地表覆盖方式对苹果园土壤性状及果树生长和产量的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2): 279-286.
- [9] 李成华, 官元娟, 夏建满, 等. 地表覆盖种植技术工艺的构建方法研究(英文)[J]. 农业工程学报, 2001, 17(1): 81-85.
- [10] 田 飞, 谢永生, 索改弟, 等. 二元覆盖对果园土壤水分的调控效果[J]. 应用生态学报, 2014, 25(8): 2289-2296.
- [11] 董海强, 李丙智, 王金锋, 等. 不同覆盖方式对苹果树体生长及土壤理化特性的影响[J]. 西北农业学报, 2015, (8): 101-109.
- [12] Gomez J A, Guzman G M, Giraldez J V, et al. The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil[J]. Soil & Tillage Research, 2009, 106: 137-144.
- [13] Adekalu K O, Olorunfemi I A, Osunbitan J A, et al. Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(4): 912-917.
- [14] 张 义, 谢永生. 不同覆盖措施下苹果园土壤水文差异[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 85-92.
- [15] 王淑娟, 田霄鸿, 李 硕, 等. 长期地表覆盖及施氮对冬小麦产量及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 291-299.
- [16] 姜继韶, 郭胜利, 王 蕊, 等. 施氮对黄土旱塬区春玉米土壤呼吸和温度敏感性的影响[J]. 环境科学, 2015, 36(5): 1802-1809.
- [17] 王 锐, 刘文兆, 李 志. 黄土塬区 10 m 深剖面土壤物理性质研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(3): 550-554.
- [18] 樊 军, 郝明德, 邵明安. 黄土旱塬农业生态系统土壤深层水分消耗与水分生态环境效应[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 61-64.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析(第 3 版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 23-103.

(下转第 196 页)

- Yield, quality, and nitrogen uptake[J]. *American Potato Journal*, 1995, 72(1):51-63.
- [7] Vos J, Biemond H. Effects of nitrogen on the development and growth of the potato plant. 1. Leaf appearance, expansion growth, life spans of leaves and stem branching[J]. *Annals of Botany*, 1992, 70(1):27-35.
- [8] 门福义, 刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:172-178.
- [9] 孙磊, 王弘, 李明月, 等. 马铃薯生产的氮肥管理策略[J]. *中国马铃薯*, 2013, 27(5):314-318.
- [10] 肖自添, 蒋卫杰, 余宏军. 作物水肥耦合效应研究进展[J]. *作物杂志*, 2007, (6):18-22.
- [11] 李世娟, 周殿玺, 李建民. 限水灌溉下不同氮肥用量对小麦产量及氮素分配利用的影响[J]. *华北农学报*, 2001, 16(3):86-91.
- [12] 赵立新, 荆家海, 王韶唐. 旱地冬小麦施肥效应研究[J]. *干旱地区农业研究*, 1991, (4):46-52.
- [13] 关军锋, 李广敏. 干旱条件下施肥效应及其作用机理[J]. *中国生态农业学报*, 2002, 10(1):59-61.
- [14] 陈竹君, 刘春光, 周建斌, 等. 不同水肥条件对小麦生长及养分吸收的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2001, 19(3):30-35.
- [15] 李志勇, 陈建军, 陈明灿. 不同水肥条件下冬小麦的干物质积累、产量及水氮利用率[J]. *麦类作物学报*, 2005, 25(5):80-83.
- [16] 滕云, 郭亚芬, 张忠学, 等. 东北半干旱区大豆水肥耦合模式试验研究[J]. *东北农业大学学报*, 2005, 36(5):639-644.
- [17] 文宏达, 刘玉柱, 李晓丽, 等. 水肥耦合与旱地农业持续发展[J]. *土壤与环境*, 2002, 11(3):315-318.
- [18] 沈荣开, 王康, 张瑜芳, 等. 水肥耦合条件下作物产量、水分利用和根系吸氮的试验研究[J]. *农业工程学报*, 2001, 17(5):35-38.
- [19] Badr M A, El-Thhamy W A, Zaghoul A M. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region[J]. *Agricultural Water Management*, 2012, 110:9-15.
- [20] Costa L D, Vedove G D, Gianquinto G, et al. Yield, water use efficiency and nitrogen uptake in potato: influence of drought stress[J]. *Potato Research*, 1997, 40(1):19-34.
- [21] 宋娜, 王凤新, 杨晨飞, 等. 水氮耦合对膜下滴灌马铃薯产量、品质及水分利用的影响[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(13):98-105.
- [22] 高聚林, 刘克礼, 张宝林, 等. 马铃薯干物质积累与分配规律的研究[J]. *中国马铃薯*, 2003, 17(4):209-212.
- [23] 高聚林, 刘克礼, 盛晋华, 等. 马铃薯旱作栽培干物质积累与分配[J]. *中国马铃薯*, 2004, 18(1):9-15.

(上接第 190 页)

- [20] 张鹏, 李涵, 贾志宽, 等. 秸秆还田对宁南旱区土壤有机碳含量及土壤碳矿化的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2011, 30(12):2518-2525.
- [21] Nyamadzawo G, Nyamangara J, Nyamugafata P, et al. Soil microbial biomass and mineralization of aggregate protected carbon in fallow-maize systems under conventional and no-tillage in central Zimbabwe [J]. *Soil & Tillage Research*, 2009, 102(1):151-157.
- [22] 孙文泰, 张坤, 刘小勇, 等. 垄膜集雨对陇东旱塬苹果根系分布及土壤性状的影响[J]. *西北农业学报*, 2012, 21(10):100-105.
- [23] 王琳, 欧阳华, 周才平, 等. 贡嘎山东坡土壤有机质及氮素分布特征[J]. *地理学报*, 2004, 59(6):1012-1019.
- [24] 闫翠萍, 裴雪霞, 王姣爱, 等. 秸秆还田与施氮对冬小麦生长发育及水肥利用率的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(2):271-275.
- [25] 林心雄, 程励励, 施书莲, 等. 绿肥和藁秆等在苏南地区土壤中的分解特征[J]. *土壤学报*, 1980, 17(4):319-327.
- [26] 潘剑玲, 代万安, 尚占环, 等. 秸秆还田对土壤有机质和氮素有效性影响及机制研究进展[J]. *中国生态农业学报*, 2013, 21(5):526-535.
- [27] 于爱忠, 柴强. 供水与地膜覆盖对干旱灌区玉米产量的影响[J]. *作物学报*, 2015, 41(5):778-786.
- [28] 陈丽芳, 王莹, 汪景宽. 长期地膜覆盖与施肥对土壤磷素和玉米吸磷量的影响[J]. *土壤通报*, 2006, 37(1):76-79.
- [29] 刘定辉, 蒲波, 陈尚洪, 等. 秸秆还田循环利用对土壤碳库的影响研究[J]. *西南农业学报*, 2008, 21(5):1316-1319.
- [30] 陆安祥, 赵云龙, 王纪华, 等. 不同土地利用类型下氮、磷在土壤剖面中的分布特征[J]. *生态学报*, 2007, 27(9):3923-3929.
- [31] Rodrigues M Â, Dimande P, Pereira E L, et al. Early-maturing annual legumes: an option for cover cropping in rainfed olive orchards [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2015, 103:153-166.
- [32] 王建国, 刘鸿翔, 王守宇, 等. 黑土农田养分平衡与养分消长规律[J]. *土壤学报*, 2003, 40(2):246-251.
- [33] 张桂玲. 秸秆和生草覆盖对桃园土壤养分含量、微生物数量及土壤酶活性的影响[J]. *植物生态学报*, 2011, 35(12):1236-1244.
- [34] 索改弟, 谢永生, 郝明德, 等. 旱地果园双重覆盖对土壤及果树生长的影响[J]. *西北农业学报*, 2014, 23(8):142-148.
- [35] 何文清, 严昌荣, 赵彩霞, 等. 我国地膜应用污染现状及其防治途径研究[J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28(3):533-538.