

网络出版时间:2014-01-02 16:02

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.057

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.057.html

渭北旱塬果园土壤干燥化生态修复方式效应研究

岳忠娜¹,海江波¹,尚 辉¹,李军平²

(1 西北农林科技大学 农业部西北黄土高原作物生理生态与耕作重点实验室,陕西 杨凌 712100;

2 陕西省陇县农业技术推广中心,陕西 陇县 721200)

【摘 要】 【目的】探讨不同生态修复方式对渭北旱塬果园土壤水分和果树光合特性的影响。【方法】2012-05-12,以地处渭北旱塬的陕西陇县梁甫村 10 年生红富士苹果园为研究对象,设置秸秆覆盖、起垄覆膜、微孔梯度深层集水、秸秆覆盖+起垄覆膜、秸秆覆盖+微孔梯度深层集水、起垄覆膜+微孔梯度深层集水、起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖 7 个处理,以裸地为对照(CK),于 7-11 月每月 30 号采集果园 0~2 m 土层土样测定土壤含水量,8-9 月每月 30 号测定果树叶片光合特性。【结果】各处理 0~2 m 土层土壤平均含水量均高于对照,其中以起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖处理的效果最好,其 0~1 m 土层土壤含水量比对照提高 9.83%,1~2 m 土层土壤含水量比对照提高 7.91%,其次是秸秆覆盖+微孔梯度深层集水处理,其 0~1 和 1~2 m 土层土壤含水量分别比对照增加 8.55%和 7.40%;不同生态修复方式均能明显提高苹果树的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)和气孔导度(G_s),且均以起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖处理最高,其 P_n 、 T_r 、 G_s 分别比对照提高了 18.46%,0.90%和 52.94%。各生态修复处理的 P_n 均与对照差异达极显著水平($P<0.01$),而在 T_r 和 G_s 中,除起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖和秸秆覆盖+微孔梯度深层集水处理与对照差异达显著水平($P<0.05$)外,其他处理均与对照差异不显著。 P_n 、 T_r 、 G_s 与土壤含水量呈正相关线性关系。【结论】微孔梯度深层集水方式与地表覆盖方式相结合能够大幅度提高土壤水分含量,影响果树光合特性,其中以起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖方式效果最好,可作为改善果园土壤干燥化的方法加以利用。

【关键词】 苹果园;渭北旱塬;土壤干燥化;地表覆盖方式;微孔梯度深层集水;土壤水分;光合特性

【中图分类号】 S661.106⁺.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2014)02-0222-07

Effects of ecological restoration methods on soil desiccation of apple orchard in Weibei Dry Plateau

YUE Zhong-na¹, HAI Jiang-bo¹, SHANG Hui¹, LI Jun-ping²

(1 Key Laboratory of Crop Physi-ecology and Tillage Science in Northwestern Loess Plateau, Ministry of Agriculture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Agricultural Technology

Extension Center, Long County, Shaanxi 721200, China)

Abstract: 【Objective】 The study aimed to explore changes of apple orchard soil moisture and photosynthetic characteristics in Weibei Dry Plateau due to different ecological restoration methods. 【Method】 On May to December 2012, taking a ten-year-old Fuji apple orchard which located in Liangfu, Long County, Shaanxi Province in Loess Plateau as test object, eight treatments including nudation (CK), straw mulching, film-covering ridge, microporous gradient catchment, straw mulching + film-covering ridge, straw mulching + microporous gradient catchment, film-covering ridge + microporous gradient catchment, and

【收稿日期】 2013-01-29

【基金项目】 陕西省科学技术研究发展计划项目(2011NXC01-17);国家“863”计划项目“作物生境过程光能利用调控技术”(2013AA100100902)

【作者简介】 岳忠娜(1987-),女,山东日照人,在读硕士,主要从事高效农作制度研究。E-mail: yuezhongna1206@126.com

【通信作者】 海江波(1966-),男,陕西扶风人,副教授,硕士生导师,主要从事高效种植制度研究。E-mail: haijiangbo@126.com

film-covering ridge + microporous gradient catchment + straw mulching were conducted. On the 30th of each month from July to November, orchard soil samples in depth of 0–2 m were collected to measure soil moisture. On the 30th of each month from August to September, measure photosynthetic characteristics of fruit tree leaves were measured. 【Result】 Average soil water contents at depth of 0–2 of all treatments were larger than that of the CK. Film-covering ridge + microporous gradient catchment + straw mulching had the highest content with 9.83% increase at depth of 0–1 m and 7.91% increase at depth of 1–2 m. The second best treatment was microporous gradient catchment + straw mulching with increases of 8.55% and 7.40% at depths of 0–1 m and 1–2 m, respectively. All ecological restoration methods significantly increased the photosynthetic rate (Pn), the transpiration rate (Tr) and the stomatal conductance (Gs) of apple trees. The best treatment was film-covering ridge + microporous gradient catchment + straw mulching with increase of Pn , Tr and Gs by 18.46%, 0.90% and 52.94%, respectively. Extremely significant differences were observed between Pn of all treatments and CK ($P<0.01$), and between Tr and Gs of treatments film-covering ridge + microporous gradient catchment + straw mulching and straw mulching + microporous gradient catchment. Pn , Tr , and Gs were linearly positively related to soil moisture. 【Conclusion】 The combination of microporous gradient catchment and land cover technologies could significantly improve soil moisture, and affect photosynthetic characteristics of fruit trees. The best treatment obtained in this study to reduce soil desiccation was “film-covering ridge + microporous gradient catchment + straw mulching”.

Key words: apple orchard; Weibei Dry Plateau; desiccation of the soil layer; mulching treatments; microporous gradient catchment; soil moisture; photosynthetic characteristics

渭北旱塬具有独特的气候资源和土壤条件,是全国惟一符合优质苹果生长 7 项指标要求的区域^[1-2]。然而当地降水资源有限,季节变化大,且蒸发强烈,降雨入渗深度以下土层没有水分补给,导致深层土壤水分经常处于亏缺状态^[3-4]。果园管理以传统清耕为主,使土壤水分大量蒸发而损失,且随着果树生长年限的增加,强烈的蒸腾耗水作用加剧了下层土壤水分的损耗,水分亏缺加重,土壤干燥化程度增强,这对苹果的正常生产和区域水循环都是不利的^[5-6]。

近年来,已有一些关于渭北地区苹果园土壤水分特征的研究,但多集中于果园地表覆盖方式的生态效应分析方面^[7-8],而对于果园深层土壤干燥化修复方式的研究相对较少。为此,本研究立足于渭北旱塬果园生态现状,以陕西省陇县梁甫村 10 年生红富士苹果园为研究对象,提出了果园微孔梯度深层集水修复方式,并比较了该修复方式与地表覆盖方式对果园土壤水分和果树光合特性的影响,以期探

究出一种能够有效缓解果园深层土壤干燥化的方法,为渭北旱塬果业的可持续发展以及区域水循环的改善提供技术保障和理论支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验区设在陕西省陇县梁甫村。该区地处渭北高原西部边缘地区,境内海拔 800.2~2 466 m,属温带大陆性季风气候区,常年年均气温 10.7℃,≥0℃的活动积温 4 000℃,≥10℃的活动积温 3 400℃,日照时数 2 033.3 h,日照百分率 46%,年平均降雨量 600.1 mm,且降雨主要集中在 7—9 月份,年蒸发量 810.1 mm,具有典型的季节性干旱特点。

1.2 试验方法

试验果园为 10 年生的红富士苹果园,处于盛果期,栽植密度 2 m×4 m,土壤类型为黄壤土,供试园区主要依靠天然降水补充水分。试验时间为 2012-05—12,试验期间降雨情况见表 1。

表 1 陕西省陇县供试苹果园 2012-05—12 降雨情况

Table 1 Monthly rainfall amounts in apple orchard from May 2012 to December 2012 in Long Country, Shaanxi mm									
月份 Month	5	6	7	8	9	10	11	12	总量 Sum
降雨量 Rainfall	49.3	25.2	189.3	162	162.8	14.2	7.5	0	610.3

试验以裸地为对照(CK),另设 7 个处理,分别为:

(1)针对地表蒸发的覆盖修复方式:①秸秆覆盖(I)。在果树树盘下均匀覆盖玉米秸秆,同时在果树树干周围留出半径 20 cm 的空间,以防病虫鼠害。覆盖厚度为 15 cm。②起垄覆膜(Ⅱ)。在树行间起垄并覆盖 80 cm 宽的普通无色透明聚乙烯塑料薄膜。

(2)针对水分蒸腾的工程修复方式:微孔梯度深层集水(Ⅲ)(图 1),其方法是在果树行间,以中点为中心,向两侧进行梯度打孔,孔与孔之间紧密相接,

以利于将雨水引流至树根处。微孔深度以 50 cm 为单位,逐步递增至 200 cm,共 4 个梯度,将水引流到树冠半径的 2/3 处。

(3)综合修复方式:秸秆覆盖+起垄覆膜(Ⅳ)、秸秆覆盖+微孔梯度深层集水(V)、起垄覆膜+微孔梯度深层集水(Ⅵ)、起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖(Ⅶ)。

每处理设 3 个重复,小区面积为 4 m×8 m,随机区组排列,各小区管理措施与大田一致。

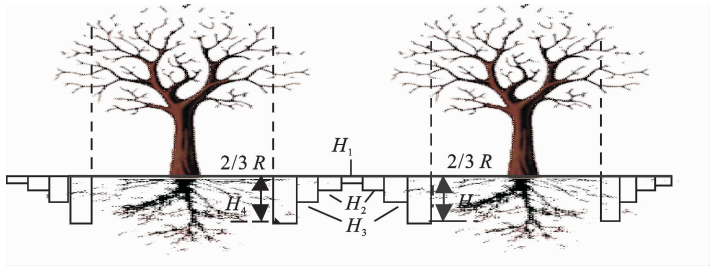


图 1 微孔梯度深层集水方式的田间布置示意图

微孔梯度深度: $H_1=50\text{ cm}$, $H_2=100\text{ cm}$, $H_3=150\text{ cm}$, $H_4=200\text{ cm}$, R , 树冠半径

Fig. 1 Layout of microporous gradient catchment in field

Depths of microporous gradient: $H_1=50\text{ cm}$, $H_2=100\text{ cm}$, $H_3=150\text{ cm}$, $H_4=200\text{ cm}$, R , Crown radius

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤含水量 2012-07-11 每月 30 日,在树冠边缘处用土钻取样,采用烘干称质量法,分层(每层 20 cm)测定 0~2 m 土层土壤含水量。

1.3.2 净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s) 采用 LI-6400 光合测定仪测定各处理和 CK 苹果树叶片的 P_n 、 T_r 、 G_s 。在 08-30 和 09-30 的上午 09:30-11:30,从每株果树中上部生长健壮的发育枝中,选 3 片健康完整的成熟叶进行测量,每片叶重复测定 3 次。

1.3.3 数据分析 运用 Excel 2007、DPS 7.05 软件对试验数据进行分析,多重比较采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同生态修复方式对渭北旱塬苹果园土壤水分的影响

2.1.1 土壤含水量的月动态变化 不同生态修复方式下渭北旱塬苹果园土壤水分的动态变化见图 2。

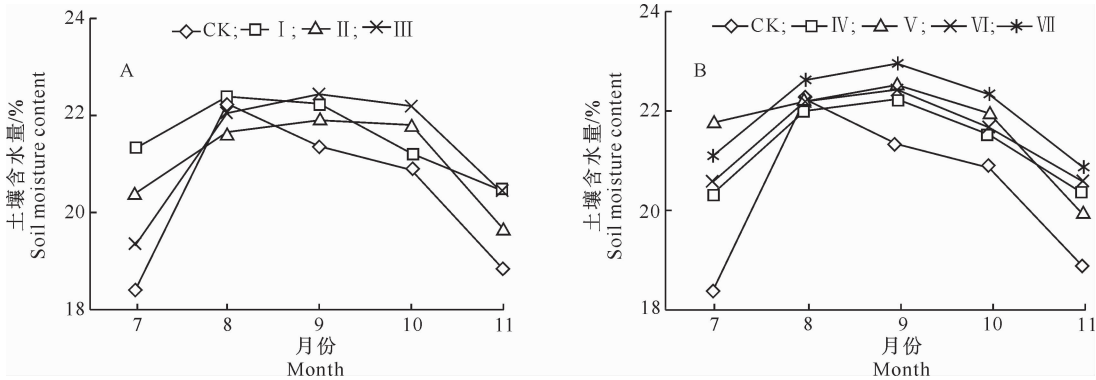


图 2 不同生态修复方式下渭北旱塬苹果园土壤水分的动态变化

Fig. 2 Changes of soil moisture by different ecological restoration methods in apple orchard of Weibei Dry Plateau

图 2 显示,土壤干燥化不同生态修复方式在果树不同生长期集水效果的总体趋势相似,但同时又表现出一定的差异性。2012-07-11,受气候因素

和苹果树生长发育等的影响,各处理 0~2 m 土层平均土壤含水量总体变化呈先增加后平缓最后降低的趋势。除 8 月份外,各生态修复方式在其余月份的

土壤含水量均高于 CK,说明地面覆盖和微孔梯度深层集水方式均能提高土壤水分含量,具有一定的蓄水能力。

图 2-A 为单一处理对土壤水分的影响。从图 2-A 可以看出,7—8 月处理 I 土壤含水量高于处理 II 和 III,9—11 月处理 III 土壤含水量高于处理 I 和 II,说明秸秆覆盖和微孔梯度深层集水方式在不同时期对土壤水分有不同影响。图 2-B 显示由不同单一处理组成的综合处理方式对土壤水分的影响。从图 2-B 可以看出,各处理中以处理 VII 蓄水能力最好,土壤含水量均值比 CK 提高 8.06%;其次是处理 V,土壤含水量均值比 CK 提高 6.54%。

由图 2 还可知,7—11 月 CK 的土壤含水量变化幅度较大,其原因可能是降水增多时,水分入渗多,土壤水分得到较充分的补充;而温度升高时,裸露地面的土壤水分蒸发量大,因而土壤水分减少多,由此造成土壤水分随温度和降雨量的变化而表现出较大幅度的变化。

2.1.2 土壤含水量的垂直变化 渭北旱源自 7 月份逐渐进入雨季,果园土壤开始蓄水,图 3 是 7—11 月每月 30 日测定的不同生态修复方式下土壤平均含水量的垂直分布情况。从图 3 可以看出,各处理土壤含水量总体较 CK 均有不同程度的提高。图 3-

A 显示单一处理下土壤水分的垂直分布情况。由图 3-A 可知,在 0~1 m 土层,处理 I、II、III 土壤平均含水量分别比 CK 增加 7.43%,5.27%和 5.27%,土壤含水量以处理 I 最高;在 1~2 m 土层,处理 I、II、III 土壤平均含水量分别比 CK 提高 0.51%,0.95%和 4.2%,以处理 III 土壤含水量最高。图 3-B 显示综合处理方式下土壤水分的垂直分布情况。由图 3-B 可以看出,0~1 m 土层土壤平均含水量表现为处理 VII>V>IV>VI>CK,且分别比 CK 增加 9.83%,8.55%,7.07%和 5.98%;1~2 m 土层中,各处理土壤平均含水量与 0~1 m 土层略有不同,表现为处理 VII>V>VI>IV>CK,分别比 CK 增加 7.91%,7.40%,4.58%和 2.93%。

综上可知,在不同生态修复方式中,0~2 m 土层土壤含水量以起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖方式(VII)最高,其次是秸秆覆盖+微孔梯度深层集水方式(V),他们与不同月份其他修复方式的蓄水效应变化趋势一致。说明微孔梯度深层集水虽能通过引流作用增加降水入渗深度,蓄集较多的水分到 1~2 m 土层,但由于其地表裸露,高温干旱时土壤水分容易蒸发散失,所以该方法与地表覆盖方式综合应用时效果较好,能够对深层土壤含水量起到一定的改善作用。

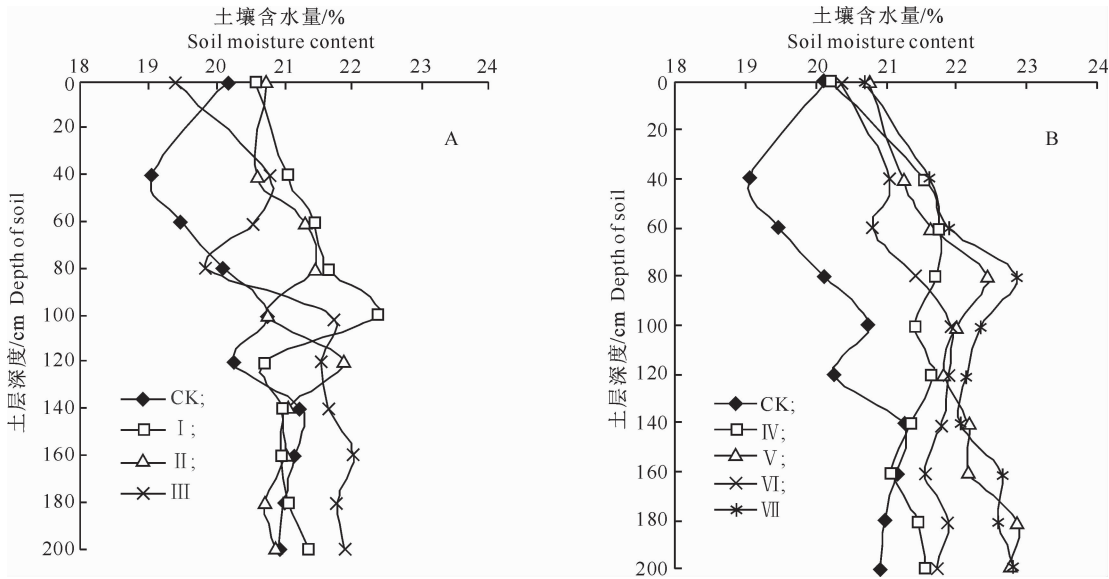


图 3 不同生态修复方式下渭北旱塬苹果园 0~2 m 土层土壤水分的垂直分布
Fig. 3 Vertical distribution of soil moisture at layer of 0~2 m in apple orchard of Weibei Dry Plateau by different ecological restoration methods

2.2 不同生态修复方式对渭北旱塬苹果树光合特性的影响

由表 2 可知,与 CK 相比,不同生态修复方式均能明显提高苹果树叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速

率(T_r)和气孔导度(G_s)。不同修复方式下苹果树叶片的 P_n 均值表现为处理 VII>V>I>IV>III>VI>II>CK,各处理分别比 CK 增加 18.46%,17.53%,17.08%,16.04%,13.05%,12.99%和

6.92%。*Tr*、*Gs* 均值在处理间的变化与 *Pn* 略有不同,分别表现为处理Ⅶ、Ⅴ>Ⅰ、Ⅵ>Ⅲ>Ⅳ>Ⅱ>CK,处理Ⅶ>Ⅴ>Ⅰ>Ⅵ>Ⅲ>Ⅳ>Ⅱ>CK,各处理 *Tr* 均值由高到低分别比 CK 增加 0.90%,0.90%,0.63%,0.63%,0.45%,0.31%和 0.31%,各处理 *Gs* 均值由高到低分别比 CK 增加 52.94%,34.31%,30.39%,20.59%,18.63%,14.71%和 7.84%。由以上分析可以看出,*Pn*、*Gs* 较 CK 的增加量明显高于 *Tr*,这有益于果树干物质的积累;不同处理下 *Pn*、*Tr*、*Gs* 的均值都以处理Ⅶ最高,其次是处理Ⅴ。多重比较结果(表 2)显示,各处理 *Pn* 均值表现为处理Ⅶ、Ⅴ与处理Ⅰ、Ⅳ差异不显著,与处

理Ⅲ、Ⅵ差异达显著水平($P<0.05$),与处理Ⅱ、CK 差异达到极显著水平($P<0.01$)。处理Ⅶ、Ⅴ *Tr* 均值与 CK 差异达到显著水平($P<0.05$),其余处理与 CK 差异不显著,且各生态修复方式处理间的差异不显著。处理Ⅶ *Gs* 均值与 CK 差异达极显著水平($P<0.01$),处理Ⅴ与 CK 差异达显著水平($P<0.05$),其余处理均与 CK 差异不显著;另外,处理Ⅶ *Gs* 均值与处理Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ差异达显著水平($P<0.05$)。以上结果说明,土壤不同生态修复方式能够增加 *Gs*,提高植株 *Pn* 和 *Tr*,且以微孔梯度深层集水与秸秆覆盖相结合方式的综合应用效果较为显著。

表 2 不同生态修复方式对渭北旱塬苹果树光合特性的影响

Table 2 Effects of different ecological restoration methods on photosynthetic characteristics of fruit tree in Weibei Dry Plateau

处理 Treatment	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) <i>Pn</i>	蒸腾速率/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) <i>Tr</i>	气孔导度/ ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) <i>Gs</i>
秸秆覆盖+起垄覆膜+微孔梯度深层集水(Ⅶ) Film-covering ridge+microporous gradient catchment+ straw mulching	7.143 Aa	2.253 Aa	0.156 Aa
秸秆覆盖+微孔梯度深层集水(Ⅴ) Straw mulching+microporous gradient catchment	7.087 Aa	2.253 Aa	0.137 ABab
秸秆覆盖(Ⅰ) Straw mulching	7.060 Aab	2.247 Aab	0.133 ABabc
秸秆覆盖+起垄覆膜(Ⅳ) Straw mulching+film-covering ridge	6.997 Aab	2.240 Aab	0.117 ABbc
微孔梯度深层集水(Ⅲ) Microporous gradient catchment	6.817 Ab	2.243 Aab	0.121 ABbc
起垄覆膜+微孔梯度深层集水(Ⅵ) Film-covering ridge+microporous gradient catchment	6.813 Ab	2.247 Aab	0.123 ABabc
起垄覆膜(Ⅱ) Film-covering ridge	6.447 Bc	2.240 Aab	0.110 Bbc
裸地(CK) Nudation	6.030 Cd	2.233 Ab	0.102 Bc

注:同列数据后标不同大、小写字母者分别表示差异达显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)水平。
Note: Different lowercase and uppercase letters indicate significant difference at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively.

2.3 渭北旱塬苹果树光合特性与土壤水分的关系
2.3.1 *Gs* 与土壤含水量的关系 叶片 *Gs* 对土壤水分的变化非常敏感^[9],因为 *Gs* 的大小可以调节植物的水分利用效率,进而维持植物体内的水分平衡。图 3 显示,在不同生态修复方式下,0~2 m 土层土壤含水量以处理Ⅶ最高,其次是处理Ⅴ,土壤含水量较低的是 CK 和处理Ⅱ。图 4 显示的是苹果树叶片 *Gs* 与土壤含水量的关系,可以看出,*Gs* 的变化与不同生态修复方式下土壤含水量的变化趋势一致,即 *Gs* 与土壤含水量呈正相关的线性关系。土壤含水量升高时,*Gs* 增大;反之则减小。
2.3.2 *Pn*、*Tr* 与土壤含水量的关系 植物的 *Pn* 和 *Tr* 既受外界因子的影响,也受植物生理状况的调节。不同土壤生态修复方式能够改善土壤的温度和水分状况,从而影响植物光合特性。本研究结果(图 5)显示,土壤含水量高的生态修复方式对应的叶片 *Pn* 和 *Tr* 也相对较高,表现出叶片 *Pn* 和 *Tr*

均与土壤含水量呈正相关的线性关系。土壤含水量增加时,*Pn* 和 *Tr* 提高;反之,*Pn* 和 *Tr* 降低。这主要是因为土壤含水量增加时,叶片水势升高,*Gs* 增加,而 *Gs* 又会直接影响 *Pn* 和 *Tr*^[10],从而表现为在土壤含水量提高时,植物 *Pn* 和 *Tr* 增加。

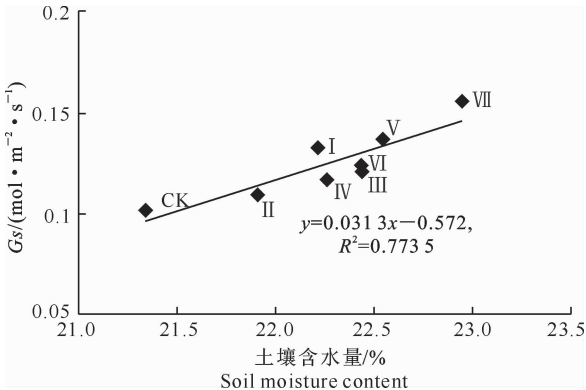


图 4 渭北旱塬苹果叶片 *Gs* 与土壤含水量的关系
Fig. 4 Relationship between *Gs* and soil moisture content of apple leaves in Weibei Dry Plateau

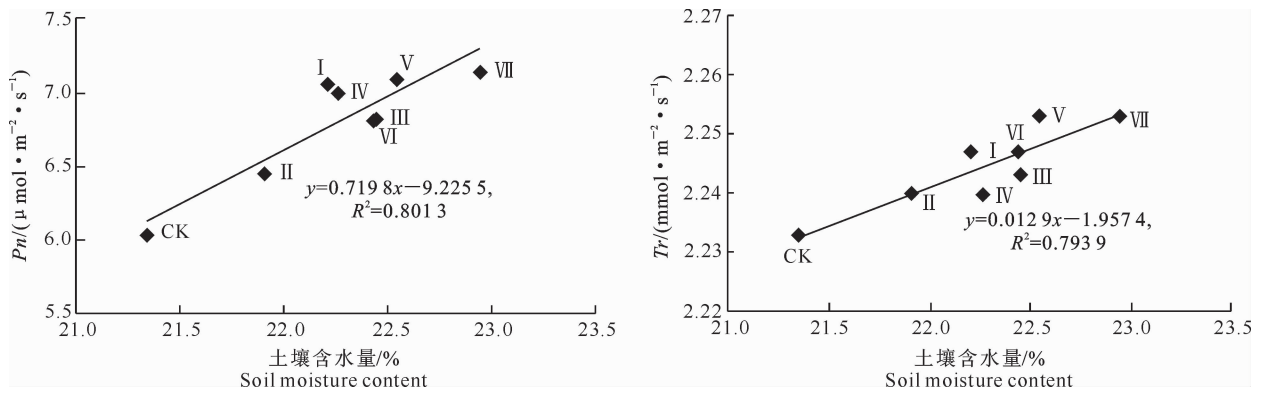


图 5 渭北旱塬苹果叶片 P_n 和 T_r 与土壤含水量的关系

Fig. 5 Relationship between P_n , T_r and soil moisture content of apple leaves in Weibei Dry Plateau

3 讨论

渭北旱塬苹果园土壤干燥化在一定程度上是气候胁迫(“低降水、高蒸发”)和植被强烈耗水作用下的一种必然结果^[11]。研究表明,地面覆盖处理能够抑制土壤水分蒸发,较大幅度提高 0~60 cm 土层土壤含水量^[12-13],这与本研究结果一致。本研究中,不同单一处理中,秸秆覆盖和起垄覆膜方式 0~1 m 土层土壤含水量比 CK 分别增加 7.43% 和 5.27%,而在 1~2 m 土层,仅比 CK 增加 0.51% 和 0.95%,该结果表明,不同覆盖处理的上层土壤含水量高于下层土壤,这与刘婷等^[14]的研究结果一致。地表覆盖措施对气候胁迫引起的土壤干燥化具有一定的缓解作用,而对植被强烈蒸腾耗水作用引起的深层土壤水分不足影响较小。为此,本研究提出了微孔梯度深层集水措施,以缓解植物因强烈蒸腾耗水引起的土壤水分亏缺。本研究结果显示,微孔梯度深层集水处理下,1~2 m 土层的土壤含水量比 CK 增加 4.2%,明显高于秸秆覆盖和起垄覆膜处理。比较不同处理对土壤水分的影响,可知微孔梯度深层集水与地表覆盖方式配合使用效果较好,0~2 m 土层土壤含水量最高的是起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖+处理,其 0~1 m 土层土壤含水量比 CK 提高 9.83%,1~2 m 土层土壤含水量比 CK 提高 7.91%;其次是秸秆覆盖+微孔梯度深层集水处理,其 0~1 和 1~2 m 土层土壤含水量比 CK 分别增加 8.55% 和 7.40%。

本研究中,各处理 0~2 m 土层平均土壤含水量在不同月份的总体变化均呈先增加后平缓最后降低的趋势,其中 CK 的土壤含水量变化幅度较大。地面覆盖方式和微孔梯度深层集水方式在不同月份均能提高土壤含水量,且以起垄覆膜+微孔梯度深层

集水+秸秆覆盖方式蓄水保墒能力最好。对各单一处理的蓄水效果进行比较可以看出,7—8 月单一处理中以秸秆覆盖处理土壤含水量最高,而 9—11 月则以微孔梯度深层集水处理最高,即在果树不同生长时期,不同修复方式的蓄水能力不同,这与黄金辉等^[15]的研究结果一致,产生该结果的原因与降雨量、地表蒸发强度以及果树的生长有关。

冯锦泉等^[16]就秸秆覆盖对苹果树叶片的影响进行研究得出,覆盖通过改善土壤温度和湿度进而提高果树叶片的光合特性。本研究结果表明,不同土壤生态修复方式中,以起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖方式的效果最为显著,其 P_n 、 T_r 和 G_s 分别比 CK 提高 18.46%,0.90% 和 52.94%;其次是秸秆覆盖+微孔梯度深层集水方式,这与对应的土壤水分差异表现一致。方差分析结果也表明,地面覆盖与微孔梯度深层集水方式组合处理的苹果树叶片的 P_n 、 T_r 、 G_s 与 CK 的差异达显著或极显著水平。说明改善土壤水分能够有效增加果树叶片的光合特性,进而增加果树干物质积累,提高产量。郭小平等^[17]研究发现,果园不同蓄水保墒处理均不同程度地促进了果树的光合作用和蒸腾作用,但 T_r 较对照的增加量仅为 P_n 增加量的 1/3,且明显低于 G_s 的增加量;本试验的结果与该研究结论基本一致,不同生态修复处理 T_r 均值比 CK 的增加了 0.31%~0.90%,而 P_n 、 G_s 比 CK 分别增加了 6.92%~18.46% 和 7.84%~52.94%。因此,生产中应采取配套的蓄水保墒措施,合理增加水分供应,减少蒸腾,避免过度限制蒸腾影响果树干物质的积累。

光照和土壤水分是影响植物生理特性的主要外界条件,土壤含水量是植物叶片气孔在一天中总的开放水平的决定因子^[10],土壤水分通过影响叶片 G_s 的变化,进而影响植物 P_n 和 T_r 。本试验通过对果

树光合特性与土壤水分关系的分析,发现不同生态修复方式下的果树光合特性与土壤含水量变化趋势一致,表现为果树叶片 P_n 、 Tr 、 G_s 与土壤含水量均呈正相关线性关系。司建华等^[18]对胡杨的研究结果表明,土壤水分与 G_s 之间表现为显著的指数关系,其原因可能与土壤水分状况和光照有关,需要进一步探讨。果树叶片光合特性与土壤水分的关系说明,通过提高土壤水分来增强果树的光合特性是一种有效的措施。

4 结 论

与裸地(CK)相比,不同生态修复处理的土壤水分及果树光合特性均有不同程度的提高,秸秆覆盖和起垄覆膜方式下 0~1 m 土层土壤含水量分别比 CK 增加 7.43%和 5.27%,1~2 m 土层比 CK 增加 0.51%和 0.95%,表明地表覆盖方式主要影响浅层土壤含水量;微孔梯度深层集水方式下 1~2 m 土层土壤含水量比 CK 增加 4.2%,对土壤深层水环境有一定的改善作用。不同处理方式的蓄水结果表明,利用微孔梯度深层集水与地表覆盖相结合的方式,即采取起垄覆膜+微孔梯度深层集水+秸秆覆盖措施对缓解果树水分供需矛盾有重要意义,研究结果显示,该措施 0~1 m 土层土壤含水量比 CK 提高 9.83%,1~2 m 土层土壤含水量比 CK 提高 7.91%,果树 P_n 、 Tr 、 G_s 分别比 CK 提高 18.46%,0.90%和 52.94%,是改善土壤水环境、增加农业收入、促进区域水循环的重要举措。

[参考文献]

[1] 白志礼,穆养民,赵政阳. 陕西苹果产业发展的新思考与新探索[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(4):172-175.
Bai Z L, Mu Y M, Zhao Z Y. Consideration on development of apple industry in Shaanxi Province [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(4): 172-175. (in Chinese)

[2] 魏钦平,张继祥,毛志泉,等. 苹果优质生产的最适气象因子和气候区划[J]. 应用生态学报,2003,14(5):713-716.
Wei Q P, Zhang J X, Mao Z Q, et al. Optimum meteorological factors and climate division of apple for good quality [J]. Chinese Journal of Apple Ecology, 2003, 14(5): 713-716. (in Chinese)

[3] Zhu X M, Li Y S, Peng X L, et al. Soils of the loess region in China [J]. Geoderma, 1983, 29(3): 237-255.

[4] 黄明斌,杨新民,李玉山. 黄土高原生物利用型土壤干层的水文生态效应研究[J]. 中国生态农业学报,2003,11(3):113-116.
Huang M B, Yang X M, Li Y S. Hydro-ecological effect of the soil dry layer as affected by biota use in the Loess Plateau [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2003, 11(3): 113-116. (in

Chinese)

[5] 殷淑燕,黄春长. 黄土高原苹果基地土壤干燥化原因及其对策[J]. 干旱区资源与环境,2005,19(2):76-80.
Yin S Y, Huang C C. Soil dryization of the apple base in the Loess Plateau and its countermeasures [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(2): 76-80. (in Chinese)

[6] 黄明斌,杨新民,李玉山. 黄土区渭北旱塬苹果基地对区域水循环的影响[J]. 地理学报,2001,56(1):8-12.
Huang M B, Yang X M, Li Y S. Effect of apple base on regional water cycle in Weibei Upland of the Loess Plateau [J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(1): 8-12. (in Chinese)

[7] Pande K K, Dimri D C, Kambo J P. Effect of various mulches on growth, yield and quality attributes of apple [J]. Indian Journal of Horticulture, 2005, 62(2): 145-147.

[8] 高茂盛,廖允成,李 侠,等. 不同覆盖方式对渭北旱作苹果园土壤贮水的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(10):2080-2087.
Gao M S, Liao Y C, Li X, et al. Effects of different mulching patterns on soil water-holding capacity of non-Irrigated apple orchard in the Weibei Plateau [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(10): 2080-2087. (in Chinese)

[9] 张 义,谢永生,郝明德,等. 地表覆盖及生理生态因子对苹果树光合特性的影响[J]. 水土保持通报,2010,30(1):125-130.
Zhang Y, Xie Y S, Hao M D, et al. Effects of different surface mulch models and physiological ecology factors on apple photosynthesis [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2010, 30(1): 125-130. (in Chinese)

[10] 赵政阳,许明宪. 半干旱地区苹果叶片气孔传导蒸腾及叶水势的研究[J]. 陕西农业科学,1991(2):22-24.
Zhao Z Y, Xu M X. Studies of stomatal conductance, transpiration rate and leaf water potential of apple leaves in semi-arid area [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 1991(2): 22-24. (in Chinese)

[11] 王 力,邵明安,王全九,等. 黄土区土壤干化研究进展[J]. 农业工程学报,2004,20(5):27-31.
Wang L, Shao M A, Wang Q J, et al. Review of research on soil desiccation in the Loess Plateau [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(5): 27-31. (in Chinese)

[12] 王渭玲,徐福利,李学俊,等. 渭北旱塬不同覆盖措施的土壤水分分布特征[J]. 西北农业学报,2001,10(3):56-58.
Wang W L, Xu F L, Li X J, et al. The soil moisture content and the change characteristics of different mulching methods in Weibei Rainfed Highland [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2001, 10(3): 56-58. (in Chinese)

[13] 李世清,李东方,李凤民,等. 半干旱农田生态系统地膜覆盖的土壤生态效应[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(5):21-29.
Li S Q, Li D F, Li F M, et al. Soil ecological effects of plastic film mulching in semiarid agro-ecological system [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2003, 31(5): 21-29. (in Chinese)