

ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

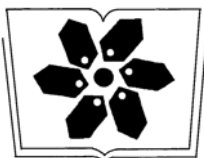
## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第3期 Vol.34 No.3 **2014**

中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 3 期

2014 年 2 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 灾后生态恢复评价研究进展 ..... 刘孝富,王文杰,李 京,等 (527)
- 基于生态能量视角的我国小水电可持续性分析 ..... 庞明月,张力小,王长波 (537)

### 个体与基础生态

- 北部湾北部海域夏季微型浮游动物对浮游植物的摄食压力 ..... 马 璐,曹文清,张文静,等 (546)
- 鲢鱼和胡子鲶的两性异形与雌性个体生育力 ..... 樊晓丽,林植华,丁先龙,等 (555)
- 环境温度对白头鹇代谢产热和蒸发失水的影响 ..... 林 琳,曹梦婷,胡益林,等 (564)
- 灌溉对沙拐枣幼苗生长及氮素利用的影响 ..... 黄彩变,曾凡江,雷加强,等 (572)
- PAHs 污染土壤植物修复对酶活性的影响 ..... 朱 凡,洪湘琦,闫文德,等 (581)
- 基于修正 RISKE 模型的重庆岩溶地区地下水脆弱性评价 ..... 魏兴萍,蒲俊兵,赵纯勇 (589)
- 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测 ..... 潘延鑫,罗 纨,贾忠华,等 (597)

### 种群、群落和生态系统

- 高寒退化草地不同海拔梯度狼毒种群分布格局及空间关联性 ..... 高福元,赵成章,卓马兰草 (605)
- 捕食者对空心莲子草叶甲种群的生物胁迫 ..... 刘雨芳,李 菲,桂芳艳,等 (613)
- 夏、冬季南海北部浮游植物群落特征 ..... 马 威,孙 军 (621)
- 磨盘山天然次生林凋落物数量及动态 ..... 范春楠,郭忠玲,郑金萍,等 (633)
- 持续干旱对樱桃根际土壤细菌数量及结构多样性影响 ..... 刘方春,邢尚军,马海林,等 (642)
- 随机森林算法基本思想及其在生态学中的应用——以云南松分布模拟为例 ..... 张 雷,王琳琳,张旭东,等 (650)
- 基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究 ..... 侯 鹏,申文明,王 桥,等 (660)
- 华北低丘山地人工林蒸散的控制因子 ..... 黄 辉,孟 平,张劲松,等 (667)
- 新疆天山高寒草原不同放牧管理下的  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  和  $\text{N}_2\text{O}$  通量特征 ..... 贺桂香,李凯辉,宋 韦,等 (674)

### 景观、区域和全球生态

- 宁夏生态足迹影响因子的偏最小二乘回归分析 ..... 马明德,马学娟,谢应忠,等 (682)
- 引黄灌区土壤有机碳密度剖面特征及固碳速率 ..... 董林林,杨 浩,于东升,等 (690)
- 自养微生物同化  $\text{CO}_2$  的分子生态研究及同化碳在土壤中的转化 ..... 吴小红,简 燕,陈晓娟,等 (701)

### 资源与产业生态

- 基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析 ..... 孙玉峰,郭全营 (710)

基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估——以舟山海岸带为例 ..... 苏盼盼,叶属峰,过仲阳,等 (718)

城乡与社会生态

基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析 ..... 李春林,刘 淼,胡远满,等 (727)

研究简报

陕西省不同生态区大气氮素干湿沉降的时空变异 ..... 梁 婷,同延安,林 文,等 (738)

不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响 ..... 刘小勇,李红旭,李建明,等 (746)

长白山苔原带土壤动物群落结构及多样性..... 王振海,殷秀琴,蒋云峰 (755)

最大可允许填海面积模拟——厦门西海域案例研究 ..... 林琛琛,饶欢欢,刘 岩,等 (766)

学术信息与动态

2013 年水文土壤学与自然资源可持续利用国际学术研讨会述评 ..... 张 骁,赵文武 (774)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 252 \* zh \* P \* ￥90.00 \* 1510 \* 29 \* 2014-02



封面图说: 云南松树冠——云南松为松科松属裸子植物,多生长在海拔 1000—3500m 的高山,喜光、耐干旱、耐瘠薄,适应酸性的红壤、黄壤,在其他树种不能生长的贫瘠石砾地或冲刷严重的荒山坡分布,易于天然更新。主要分布于四川西南部、云南、西藏东南部、贵州西部、广西西部,常形成大面积纯林,尤以云南分布最广,故有云南松之称。云南松树高可达 30m,胸径达 1m,树皮呈灰褐色,叶通常 3 针一束,鲜有两针,球果圆锥状卵圆形,种子近卵圆形或倒卵形。树干通直,木质轻软细密,是优质造纸、人造板原料,富含松脂是云南松的重要特点之一。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201211051543

刘小勇,李红旭,李建明,王玮,赵明新,孙定虎.不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响.生态学报,2014,34(3):746-754.

Liu X Y, Li H X, Li J M, Wang W, Zhao M X, Sun D H. The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3): 746-754.

## 不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响

刘小勇<sup>1</sup>, 李红旭<sup>1,\*</sup>, 李建明<sup>2</sup>, 王 玮<sup>1</sup>, 赵明新<sup>1</sup>, 孙定虎<sup>3</sup>

(1. 甘肃省农业科学院 林果花卉研究所, 兰州 730070; 2. 静宁县果业局, 静宁 743400;

3. 静宁县康源果农协会, 静宁 743400)

**摘要:**采用垄膜覆盖(T1)、覆草(T2)和免耕无覆盖(T3)等方法,测定分析陇东旱地果园水热状况,结果表明,0—60 cm 土壤温度全年 T1 最高,萌芽开花期至果实膨大期 T2 温度最低,新梢停止生长期至落叶期 T3 温度最低。T1 地表和 20 cm 土壤最高温度出现在 6 月上旬,40 cm 和 60 cm 出现在 8 月上旬,表现为浅层(0—40 cm)最高温度出现提前,而 T2 和 T3 不同土层最高温度均在 8 月上旬。0—25 cm 不同处理土壤温度表现为晴天最高,雨天最低。除 7 月至 8 月土壤温差以 T1 最大外,其余时期均以 T3 最大,全年 T2 温差最小。梨树生长前期(4—6 月),T3 土壤含水量最小,7 月以后,T3 最高。梨年生长周期中,T1 土壤含水量变化最小,T3 最大。不同土层 T1 土壤容重最小,孔隙度最大,T3 土壤容重最大,孔隙度最小;0—120 cm 土层 T1 和 T3 土壤容重均表现为先升后降,T2 为先降后稳定变化的特点。不同处理土壤营养成分含量随时间变化而降低,T3 降幅最大。地面覆盖减缓了土壤养分的流失,同时增加了土壤铁、锌、硼等元素含量。

**关键词:**垄膜覆盖;土壤温湿度;土壤养分;旱地;梨园

## The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area

LIU Xiaoyong<sup>1</sup>, LI Hongxun<sup>1,\*</sup>, LI Jianming<sup>2</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, ZHAO Mingxin<sup>1</sup>, SUN Dinghu<sup>3</sup>

1 Institute of Fruit and Floriculture of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China

2 Jingning county Fruit Industry Bureau, Jingning 743400, China

3 Jingning county KangYuan Growers Association, Jingning 743400, China

**Abstract:** By adopting the ridge film mulching (T1), wheatgrass mulching (T2) and zero tillage without cover (T3) method. To determine and analyze the soil temperature and moisture in a year changes in dry land pear orchard in eastern Gansu. The results show that the soil temperature of T1 is highest in 0—60cm soil horizon in a year. During bud sprouting and flowering to the growth stage of the fruit, the soil temperature of T2 is lowest,

and T3 is lowest which new shoots stop growing period to leaf fall period. T1 treatment which The highest temperature of the surface and 20cm soil appears in early June, but 40 cm and 60cm appeared in early August. It was concluded that the highest temperature of the shallow layer (0—40 cm) of T1 appears in advance, while the highest temperature of different soil layer of T2 and T3 are in early August. In 0—25cm soil horizon, different treatment soil temperature performance for sunny is highest, lowest rainy day. The soil temperature difference of T1 from July to August is maximum, and T3 is maximum in the remaining time. In a year, the soil temperature difference of T2 is minimum. At growth prophase (4—6 months) of pear tree, the soil moisture content of T3 is minimum. After the July, the soil moisture content of T3 is highest.

**基金项目:**现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-29-41);农业部西北作物抗旱栽培与耕作重点开放实验室和甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室开放基金课题资助项目(HNSJJ-201103)

收稿日期:2012-11-05; 修订日期:2013-03-04

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lihongxu8588@sina.com

Annual growth cycle of pear tree, the soil moisture content change of T1 is minimum, and T3 is maximum. The soil bulk density of T1 with different soil horizon is minimum and its soil porosity is maximum. T3 is contrary. In 0—120 cm soil horizon, the soil bulk density of T1 and T3 treatment are performing first rises then falls, but T2 treatment is the first drop then stable change. The soil nutrient element contents of different treatment with the time change is reduced, the range of T3 is biggest. Mulching slow down loss speed of the soil nutrients, and also increase the soil trace element contents of iron, zinc, boron, etc.

**Key Words:** ridge film mulching; soil temperature and moisture; soil nutrient contents; dry land; pear orchard

地面覆盖作为果园广泛推广的一项耕作技术,能抑制土壤水分蒸发,蓄水保墒,调节地温,改善土壤物理性状,提高水分利用效率<sup>[1-4]</sup>。对果园地面覆盖的研究主要集中在生草方面,特别是生草对苹果园土壤性状和土壤水分的影响等<sup>[3,5-6]</sup>。干旱半干旱雨养农业区果园采用生草制,常会发生“草争夺果树水分”的现象<sup>[6-7]</sup>,生草法在春夏季与果树存在争水、争肥现象,在无灌溉条件的旱作果园尤其明显<sup>[8]</sup>。生草在干旱年份加剧了干旱对果树的影响<sup>[6]</sup>。李会科等<sup>[5]</sup>、高茂盛等<sup>[7]</sup>认为黄土高原地区(降雨量 $\leq 550$  mm)果园生草不但消耗每年的降水入渗量,而且还不断利用深层土壤有效储水,造成深层土壤水分亏缺。因此,生草法在旱作果园大面积推广受到限制。

甘肃东部地区常发生春旱和春夏干旱,干旱是果树生长发育的主要制约因素之一。采用有机、无机物对果园地面进行覆盖,可以起到保墒、调节土壤温度和改良土壤结构的作用。近年来,在甘肃果区大面积推广的垄膜保墒集雨覆盖技术,有效地解决了春夏干旱问题,该项技术不仅具有地面覆盖的优点,且通过薄膜创造了一个集雨场所,可以将春夏无效降水有效利用,在干旱地区果园水分高效利用方面具有十分显著的效果。本文结合甘肃省陇东旱塬果园现状,以早酥梨园为对象,研究不同覆盖方式对梨园土壤水热变化的影响,探求地面覆盖对果树生长发育的作用机理,探明干旱半干旱雨养地区垄膜覆盖对果园土壤温湿度变化、土壤物理性状以及土壤养分的影响,以期为该梨园水分高效利用和同类地区改进果园土壤管理措施提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地选在国家梨产业技术体系兰州综合试验

站静宁县试验园,试验区为雨养旱作农业区,位于东经  $105^{\circ}37.864'$ 、北纬  $35^{\circ}34.124'$ ,园地海拔 1702 m,年平均气温  $8.3^{\circ}\text{C}$ ,降雨量 412.5 mm。土壤为黄绵土, pH 8.26; 土壤有机质含量 11.8 g/kg, 全氮 1.00 g/kg, 全磷 0.99 g/kg, 全钾 20.69 g/kg, 碱解氮 75.0 mg/kg, 有效磷 66.68 mg/kg, 速效钾 342 mg/kg。

### 1.2 试验设置

供试品种为早酥梨,砧木为杜梨,树龄 13 年生,栽植株行距  $3\text{m}\times 4\text{m}$ ,面积  $2268\text{m}^2$ 。设置垄膜覆盖、覆草和免耕无覆盖(CK)3 个处理。

垄膜覆盖(T1):春季土壤解冻前,在梨树行向贴近施肥坑外缘两侧挖宽、深分别为 20 cm 左右的集雨沟,将沟土培于行内,高度 15—20 cm,呈树干处高,树行间低的  $5^{\circ}$ — $10^{\circ}$  斜面,在树行两边斜面上覆盖黑色地膜(厚度 0.01 mm,宽 1.4 m,山西迎太塑料有限公司生产)。行间免耕,留约 1 m 左右的操作行。每年土壤封冻前(11 月初)撤去地膜,第 2 年春季土壤尚未解冻前重新铺设。

覆麦草(T2):选择当年新鲜麦草覆盖,厚度为 15 cm 左右。先用 1% 的尿素将麦草喷湿,上洒少量细土,每年补充麦草,常年保持 15 cm 左右厚度。

免耕无覆盖(T3, CK):只进行土壤除草,不耕翻,常年保持土壤无杂草。

于 2010 年春季土壤开始解冻前进行试验布置,处理顺序排列,单株重复 6 次,每个处理面积  $60\text{m}^2$ ,试验用地  $667\text{m}^2$ 。2010—2011 年连续 2a 调查 0—60 cm 土壤温度和含水量变化,2010—2012 年连续 3 年于果实采收后测定土壤养分,2012 年 9 月底测定土壤容重。各处理施肥和树体管理一致。

试验结果用 Microsoft Excel 2003 和 dps3.1 软件进行数据分析。

### 1.3 调查测定内容

#### 1.3.1 土壤温度

用 ZDR-41 温度数据记录仪(杭州泽大仪器有限公司生产)定点测定不同处理地表(0 cm)、20、40、60 cm 处土壤温度,每 15—20 d 连续记录 3—5 d,计算平均数。用地温计(5 只装,0—25 cm)定期记录地表、5、10、15、20 cm 和 25 cm 土壤温度,每隔 10 d 连续记录 10 d,每天 6:00—7:00、13:30—14:30、16:30—17:30 记录 3 次,计算平均数。于 2010 年梨树萌芽前(3 月中下旬)开始调查,直到土壤封冻,2011 年重复测定。

#### 1.3.2 土壤含水量

按照 0—20 cm 和 20—60 cm 两个土层分别取样,装入标记好的土盒中,用 DGG-9070A 干燥箱(上海森信实验仪器有限公司生产)烘干土样,用 0.1 g 电子天平(ES-1000E,长沙湘平科技发展有限公司)称重,计算土壤含水量。测定时间同土壤温度,每间隔 15 d 左右测定 1 次土壤含水量。

#### 1.3.3 土壤容重和孔隙度

土壤容重采用环刀法,测定 0—120 cm 土层土壤容重变化,每 20 cm 为一个土层,共分 6 个土层;计算相应土层土壤孔隙度,总孔隙度计算公式为:总孔隙度(%) = (1 - 土壤容重/土壤比重) × 100。

#### 1.3.4 土壤养分

土壤取样时间为 2010 年 9 月、2011 年 9 月、2012 年 9 月果实采收后进行,按“X”或“S”形随机选择 5 个样点,避开施肥坑,在梨树冠外缘,用土钻分别按 0—20 cm、20—60 cm 分 2 个土层采样,将同一土层 5 个样点的土样混合,用四分法选留 1 kg,标记好装入自封袋,并尽快送实验室测定。

土壤养分含量均采用常规方法测定。包括土壤有机质、全氮、全磷、全钾,碱解氮、有效磷、速效钾,速效锌、锰、铜、铁、硼,钙离子、镁离子和 pH 值等共 15 个指标。

测定方法:有机质,重铬酸钾法;全氮,半微量凯氏法;全磷,氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法;全钾,氢氧化钠熔融-火焰光度法;碱解氮,碱解扩散法;有效磷,碳酸氢钠提取-钼锑抗比色法;速效钾,乙酸铵提取-火焰光度法;速效锌、锰、铜、铁,火焰原子吸收分光光度法;钙、镁离子,滴定法;有效硼,甲亚胺-H 酸法;土壤 pH,采用电极法。

## 2 结果与分析

### 2.1 梨园土壤温度年变化规律

覆盖条件下,梨园 0—60 cm 土壤温度年变化明显。早春至初夏(萌芽开花期至果实膨大期)时期,垄膜覆盖土壤温度最高,覆草最低;6 月上旬至 8 月上旬,覆草土壤温度迅速上升,至 8 月上旬达到最高值(17.6 °C),而垄膜覆盖处理保持相对平稳的温度,旬平均温度保持在 18 °C 以上,免耕无覆盖处理呈缓慢上升态势(15.6—17.7 °C),此期正是早酥梨幼果期—果实迅速膨大期—新梢停止生长期—果实成熟前的关键时期。8 月上旬至 10 月中旬(果实成熟前至落叶前),各处理温度均迅速下降,覆草处理高于免耕无覆盖,与垄膜覆盖相近。全年总体来看,垄膜覆盖处理土壤温度最高,覆草前期温度比免耕低,后期较高(图 1)。

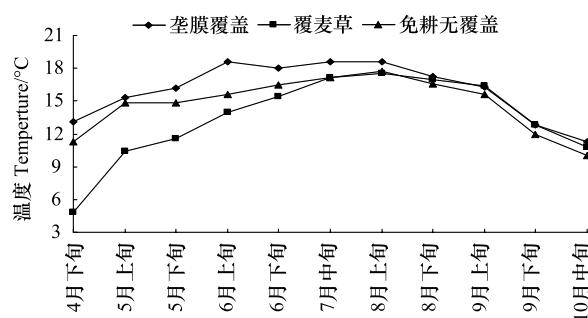


图 1 不同处理对 0—60 cm 土层平均温度的影响

Fig.1 0—60 cm soil layer mean temperature of different treatment

### 2.2 不同土层土壤温度年变化

梨树花期至幼果膨大期,不同土层温度均以垄膜覆盖最高,覆草最低。随着外界气温升高,至新梢停止生长后,处理间不同土层温度差异逐渐减小,至落叶期趋于一致。覆草和免耕处理平均最高温度均在 8 月上旬,地表、20、40、60 cm 土壤温度分别为 18.08 °C 和 18.87、17.80 °C 和 17.62、17.60 °C 和 17.19、16.76 °C 和 17.08 °C,而垄膜覆盖处理地表和 20cm 最高温度出现在 6 月上旬,40cm 和 60cm 出现在 8 月上旬,浅层(0—20 cm)最高土温呈现明显提前的现象。8 月下旬前,覆草处理随土层深度增加温度呈下降趋势,随后各土层温度相对一致;垄膜覆盖和免耕处理分别为 8 月上旬和 8 月下旬以前,20—60 cm 随土层深度增加温度呈下降趋势,后期随土层

深度增加温度呈上升趋势。

地表温度(0 cm):7月上旬(新梢停长生长期)前,以垄膜覆盖温度最高,覆草最低;至8月上旬,处理间温度十分相近,免耕 18.87℃,垄膜覆盖 18.40℃,覆草 18.08℃,三者差异不显著;8月下旬至9月下旬(果实成熟期),覆草温度最高,免耕最低;至落

叶前,覆草和垄膜覆盖温度接近(10.8℃),免耕最低(9.7℃)。

20、40 cm 和 60 cm 土层温度:垄膜覆盖全年最高;覆草处理7月中旬以前温度低于免耕,以后高于免耕(图2)。

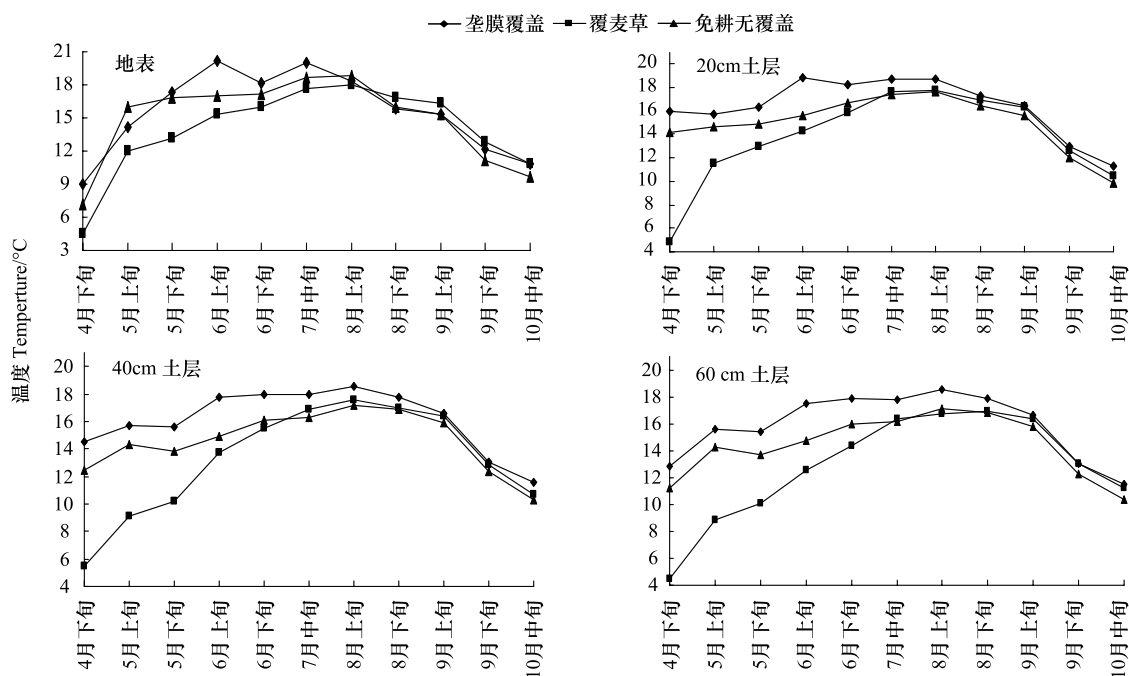


图2 不同土层土壤温度年变化

Fig.2 The soil temperature annual change of different soil horizon

### 2.3 主要物候期日温差变化

图3中可以看到,不同土层土壤日温差均以覆草最小。垄膜覆盖和免耕处理表层和20 cm 土壤温差相近,40—60 cm 垄膜覆盖温差最大。不同处理随土层深度增加,温差变小,40 cm 以下土壤日温差均在2℃以内。不同覆盖日温差受外界气温的影响较大,当气温较低时,日温差较小,随着外界气温的升高,温差变大,气温与土壤温差成正比。

(1) 土壤表层 日温差年变化曲线呈近似“倒V”形,至新梢迅速生长期最大,以后迅速降低,落叶期达到最低。幼果期和新梢迅速生长期以免耕日温差最大,新梢停止生长期至落叶期垄膜覆盖和免耕温差相近。

(2) 20 cm 花期和幼果期以免耕最高,新梢生长至新梢停长期垄膜覆盖和免耕温差一致,果实成熟期和落叶期温差降至2.5℃以内。覆草花期温度

恒定,日温差很小。

(3) 40 cm 和 60 cm 垄膜覆盖温差最大,覆草最小。幼果期和新梢迅速生长期,垄膜覆盖日温差显著高于免耕和覆草。新梢停止生长期后,温差迅速下降,至落叶期温差最低。

### 2.4 不同天气条件下土壤温度变化

0—25 cm 土层垄膜覆盖全年土壤平均温度极显著高于免耕和覆草,免耕显著高于覆草;不同处理均表现为晴天温度最高,雨天温度最低;7—8月最热时期不同天气条件下土壤温差以垄膜覆盖最大,全年其余时期均以免耕最大。梨树萌芽期至果实膨大期(4—6月),不同天气状况均为覆草土壤温度极显著低于免耕和垄膜覆盖处理,新梢停止生长期(7月)至果实成熟期(9月),覆草处理土壤温度接近或稍高于免耕,二者差异不显著。

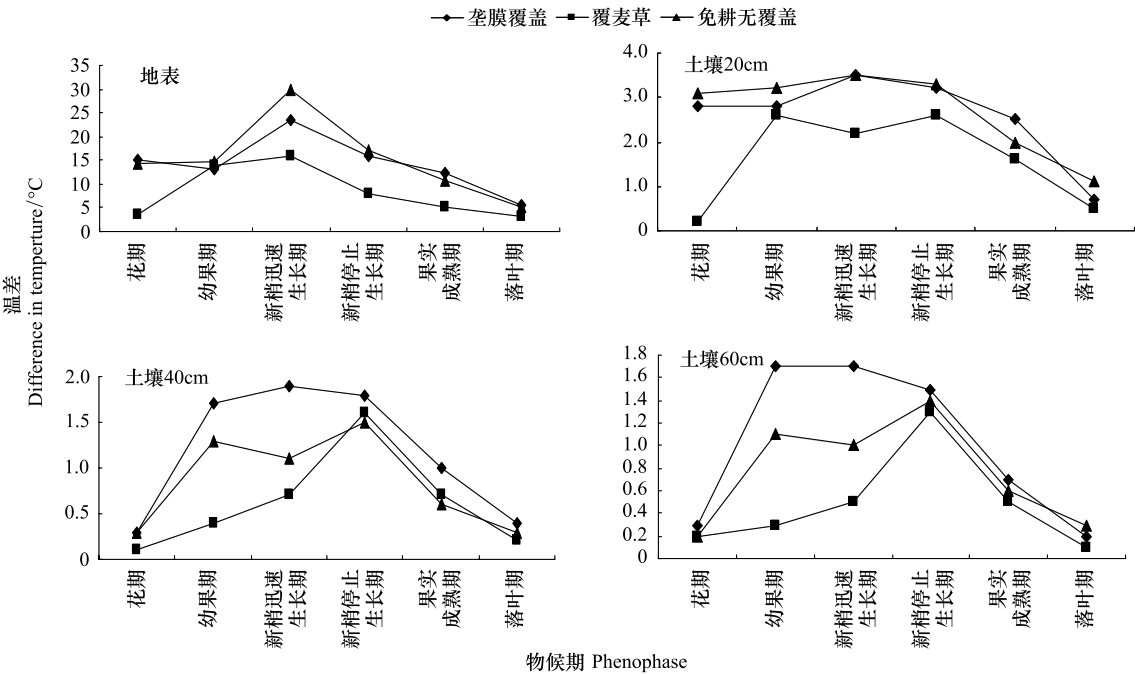


图3 梨主要物候期日较差变化

Fig.3 The daily range of temperature of pear main phenophases

表 1 不同天气条件下土壤温度变化(℃)

| Table 1 Different weather conditions in soil temperature changes |                 |              |            |             |             |               |                  |               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|------------|-------------|-------------|---------------|------------------|---------------|
| 天气<br>Weather conditions                                         | 处理<br>treatment | 4 月<br>April | 5 月<br>May | 6 月<br>June | 7 月<br>July | 8 月<br>August | 9 月<br>September | 平均<br>Average |
| 晴天 Fine day                                                      | T1              | 13.49Aa      | 16.72Aa    | 19.10Aa     | 21.27Aa     | 24.76Aa       | 19.21Aa          | 19.09Aa       |
|                                                                  | T2              | 5.98Bc       | 11.32Bc    | 14.61Cc     | 19.78Bb     | 21.19Bb       | 15.74Bb          | 14.77Cc       |
|                                                                  | T3              | 12.58Ab      | 15.42Ab    | 17.51Bb     | 19.34Bb     | 21.34Bb       | 16.15Bb          | 17.06Bb       |
| 阴或多云 Cloudy                                                      | T1              | 14.25Aa      | 16.67Aa    | 18.47Aa     | 21.54Aa     | 24.52Aa       | 20.19Aa          | 19.27Aa       |
|                                                                  | T2              | 5.97Bc       | 10.98Cc    | 14.81Cc     | 19.89Bb     | 20.95Bb       | 17.47Bb          | 15.0Cc        |
|                                                                  | T3              | 12.97Ab      | 14.33Bb    | 16.73Bb     | 19.37Bb     | 21.11Bb       | 17.97Bb          | 17.08Bb       |
| 雨天 Rainy day                                                     | T1              | 7.57Aa       | 13.17Aa    | 18.28Aa     | 19.14Aa     | 19.91Aa       | 19.02Aa          | 16.18Aa       |
|                                                                  | T2              | 1.94Cc       | 9.22Cc     | 15.09Cc     | 18.32Aa     | 18.75Aa       | 16.96Bb          | 13.38Bb       |
|                                                                  | T3              | 5.53Bb       | 11.30Bb    | 16.64Bb     | 17.88Ab     | 18.53Aa       | 17.01Bb          | 14.48Bb       |
| 全年 Full year                                                     | T1              | 13.44Aa      | 16.00Aa    | 18.81Aa     | 20.80Aa     | 22.28Aa       | 19.54Aa          | 18.48Aa       |
|                                                                  | T2              | 5.26Bc       | 10.70Cc    | 14.69Cc     | 19.42Bb     | 18.90Bb       | 16.39Bb          | 14.23Cc       |
|                                                                  | T3              | 12.46Ab      | 14.38Bb    | 17.16Bb     | 18.98Bb     | 19.24Bb       | 16.75Bb          | 16.50Bb       |

表中同列大写与小写字母分别代表差异极显著( $P<0.01$ )或显著( $P<0.05$ ); 表中数据为0—25 cm 土层平均温度

通过对以上土壤温度的调查与分析,认为在干旱地区进行地面覆盖,垄膜覆盖要早(顶凌覆膜,2月底到3月初),覆草要迟(5月下旬或6月上旬)。

2.5 土壤水分年变化

从图4中可以看出,梨树生长前期(7月以前),正是甘肃陇东地区春夏干旱季节,降雨量小,气候干燥,免耕(CK)土壤含水量最小,5月24日最低为(0—20 cm12.85%,20—60 cm12.78%),覆草处理最

高(17.96%,16.39%),垄膜覆盖次之(16.80%,16.04%);7月以后,开始进入夏秋雨季,梨树枝条停长结束,大量秋梢抽生,此时梨果实尚未成熟,免耕处理土壤含水量最高,垄膜覆盖最低。从梨年生长周期看,垄膜覆盖处理土壤含水量变化最小,免耕最大。不同处理均表现为0—20 cm 土层土壤含水量变化幅度较大,而20—60 cm 土层变化较小,这与受外界环境气候影响有关。当降雨、灌溉等条件满足

时,不同处理土壤水分含量变化不大,而在干旱时期,免耕处理梨树表现出明显的旱象,而垄膜覆盖和覆草处理土壤含水量能基本满足梨树生长。

表 2 中可见,垄膜覆盖处理中,离树体主干远近不同土壤含水量不同,距离树干越近,含水量越低。

不同时期不同距离均表现出表层土壤含水量高于 20—60 cm。离树干 120 cm 处是集雨沟所在部位,所以,不同时期含水量变化幅度较大,当有降雨发生时,含水量迅速增高,而没有或很少降水时,含水量下降。

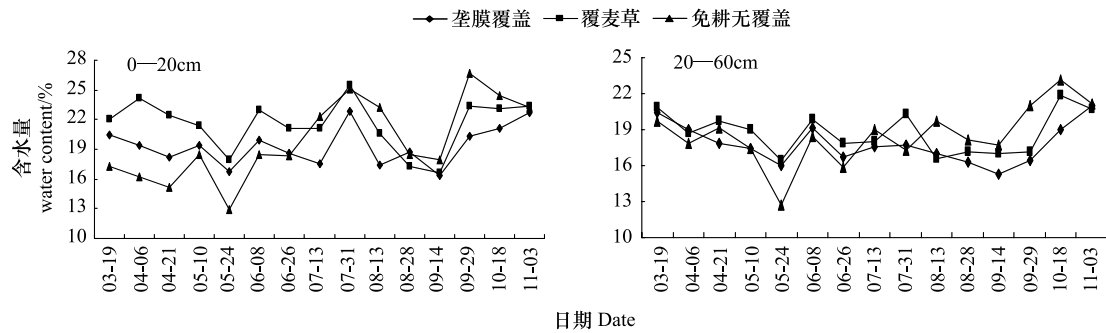


图 4 不同土层土壤含水量

Fig.4 The soil water contents of different soil horizon

表 2 垄膜覆盖不同距离土壤含水量年变化

Table 2 The soil water content under ridge film mulching that it distance from the trunk in annual changes

| 调查日期<br>Date of<br>survey | 距主干 60cm/%<br>Distance from the trunk 60cm |         | 距主干 80cm/%<br>Distance from the trunk 80cm |         | 距主干 100cm/%<br>Distance from the trunk 100cm |         | 距主干 120cm/%<br>Distance from the trunk 120cm |         |
|---------------------------|--------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|---------|
|                           | 0—20cm                                     |         | 0—20cm                                     |         | 0—20cm                                       |         | 0—20cm                                       |         |
|                           | 0—20cm                                     | 20—60cm | 0—20cm                                     | 20—60cm | 0—20cm                                       | 20—60cm | 0—20cm                                       | 20—60cm |
| 03-19                     | 20.33                                      | 19.86   | 20.44                                      | 20.35   | 20.42                                        | 20.39   | 19.28                                        | 18.82   |
| 04-06                     | 19.69                                      | 18.79   | 19.54                                      | 19.00   | 19.40                                        | 18.94   | 19.77                                        | 19.34   |
| 04-21                     | 18.50                                      | 18.21   | 18.22                                      | 17.73   | 18.18                                        | 17.86   | 18.65                                        | 17.54   |
| 05-10                     | 18.70                                      | 17.48   | 19.10                                      | 16.97   | 19.35                                        | 17.47   | 23.95                                        | 18.50   |
| 05-24                     | 17.53                                      | 17.29   | 17.16                                      | 16.75   | 16.81                                        | 16.04   | 16.13                                        | 14.00   |
| 06-08                     | 19.44                                      | 18.73   | 19.50                                      | 18.94   | 19.93                                        | 19.11   | 20.00                                        | 18.65   |
| 06-26                     | 17.56                                      | 16.82   | 16.87                                      | 15.04   | 18.66                                        | 16.67   | 16.70                                        | 13.72   |
| 07-13                     | 13.32                                      | 12.74   | 13.55                                      | 12.46   | 17.56                                        | 17.54   | 18.00                                        | 14.54   |
| 07-31                     | 23.46                                      | 18.81   | 23.60                                      | 18.31   | 22.85                                        | 17.72   | 23.49                                        | 19.25   |
| 08-13                     | 15.98                                      | 16.04   | 16.27                                      | 15.51   | 17.42                                        | 16.93   | 18.12                                        | 17.25   |
| 08-28                     | 15.76                                      | 15.30   | 16.63                                      | 15.76   | 18.68                                        | 16.29   | 18.96                                        | 17.01   |
| 09-14                     | 16.12                                      | 15.17   | 16.67                                      | 15.07   | 16.35                                        | 15.29   | 17.75                                        | 16.29   |
| 09-29                     | 18.46                                      | 16.01   | 18.24                                      | 14.12   | 20.34                                        | 16.37   | 21.34                                        | 19.35   |
| 10-18                     | 19.93                                      | 17.67   | 20.38                                      | 19.41   | 21.18                                        | 19.04   | 21.56                                        | 19.91   |
| 11-03                     | 21.00                                      | 20.04   | 22.15                                      | 20.07   | 22.71                                        | 21.00   | 22.88                                        | 22.46   |
| 平均 Average                | 18.39                                      | 17.26   | 18.62                                      | 17.05   | 19.32                                        | 17.78   | 19.77                                        | 17.78   |

## 2.6 土壤容重变化

从表 3 中可以看出,覆盖显著降低了土壤容重,增加了土壤孔隙度。不同土层垄膜覆盖处理土壤容重最小,孔隙度最大,免耕处理土壤容重最大,孔隙

度最小。随着土层深度的增加,垄膜覆盖和免耕处理土壤容重均表现为先升后降特征,20—40 cm 土层土壤容重最高,而覆草处理表现为先降后稳定变化的特点,20—40 cm 土层土壤容重最低,40 cm 以下

土壤容重变化较小。可见, 垄膜覆盖对较深土层土壤容重影响较大, 而覆草相反, 覆草处理 40 cm 以下土层容重与免耕处理差异不大。

表 3 不同土层土壤容重变化

Table 3 The soil bulk density and soil porosity of different soil horizon

| 土层/cm<br>Soil horizon | T1                                           |                        | T2                                           |                        | T3                                           |                        |
|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|------------------------|
|                       | 容重/(g/cm <sup>3</sup> )<br>Soil bulk density | 孔隙度/%<br>Soil porosity | 容重/(g/cm <sup>3</sup> )<br>Soil bulk density | 孔隙度/%<br>Soil porosity | 容重/(g/cm <sup>3</sup> )<br>Soil bulk density | 孔隙度/%<br>Soil porosity |
| 0—20                  | 1.27 a                                       | 51.94                  | 1.31 a                                       | 50.62                  | 1.44 b                                       | 45.57                  |
| 20—40                 | 1.29 b                                       | 51.36                  | 1.19 a                                       | 54.96                  | 1.50 c                                       | 43.30                  |
| 40—60                 | 1.22 a                                       | 54.11                  | 1.38 b                                       | 48.06                  | 1.42 b                                       | 46.58                  |
| 60—80                 | 1.22 a                                       | 54.04                  | 1.33 b                                       | 49.91                  | 1.39 b                                       | 47.72                  |
| 80—100                | 1.19 a                                       | 55.26                  | 1.34 b                                       | 49.53                  | 1.36 b                                       | 48.62                  |
| 100—120               | 1.20 a                                       | 51.32                  | 1.36 b                                       | 48.57                  | 1.35 b                                       | 48.92                  |

表中同行小写字母代表差异显著 ( $P < 0.05$ )

## 2.7 土壤养分变化

表 4 和表 5 中可见, 2010 年—2012 年连续 3a 土壤养分测定结果表明, 随着种植年限的增加, 不同覆盖处理土壤营养元素含量均存在降低趋势, 以对照下降幅度最大, 土壤 pH 值均表现出先升后缓慢下降的趋势。测定结果表明, 土壤表层有机质含量明显高于 20—60cm, 这与施肥深度有关; 土壤有机质以覆草处理降低幅度最小, 对照最大。土壤中大量营

养元素, 不同覆盖均以氮素营养变化最大, 钾最小。中微量元素中, 垄膜覆盖表层土壤养分含量大于 20—60cm 土层, 而覆草处理表层钙、镁含量低于 20—60cm 土层, 其它营养含量差异不大。地面覆盖能增加土壤铁和锌的含量, 覆草可以增加硼的含量。所以, 地面覆盖减缓了土壤养分的流失, 同时增加了土壤铁、锌、硼等元素含量。

表 4 土壤养分变化 I

Table 4 The soil nutrient change I

| 处理<br>Treatment |         | 年份<br>Year | 有机质<br>Organic<br>Matter<br>/(g/kg) | 全氮<br>Total N<br>/(g/kg) | 全磷<br>Total P<br>/(g/kg) | 全钾<br>Total K<br>/(g/kg) | 碱解氮<br>Alkaline<br>Hydrolytic<br>N/(mg/kg) | 有效磷<br>Available P<br>/(mg/kg) | 速效钾<br>Available K<br>/(mg/kg) | pH   |
|-----------------|---------|------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|
| T1              | 0—20cm  | 2010       | 11.8                                | 0.91                     | 0.78                     | 21.02                    | 74                                         | 31.21                          | 303                            | 8.30 |
|                 |         | 2011       | 10.7                                | 1.18                     | 0.69                     | 22.47                    | 93                                         | 12.34                          | 227                            | 8.87 |
|                 |         | 2012       | 10.5                                | 0.81                     | 0.85                     | 20.85                    | 56                                         | 10.90                          | 176                            | 8.74 |
|                 | 20—60cm | 2010       | 11.1                                | 0.95                     | 0.73                     | 20.36                    | 67                                         | 30.35                          | 188                            | 8.57 |
|                 |         | 2011       | 9.1                                 | 0.63                     | 0.72                     | 20.52                    | 59                                         | 6.04                           | 101                            | 8.82 |
|                 |         | 2012       | 6.5                                 | 0.55                     | 0.61                     | 20.59                    | 25                                         | 1.92                           | 158                            | 8.82 |
| T2              | 0—20cm  | 2010       | 11.0                                | 0.86                     | 0.86                     | 20.36                    | 110                                        | 38.25                          | 365                            | 8.60 |
|                 |         | 2011       | 12.8                                | 0.82                     | 0.42                     | 22.47                    | 82                                         | 18.41                          | 419                            | 8.92 |
|                 |         | 2012       | 9.62                                | 0.76                     | 0.64                     | 20.85                    | 43                                         | 2.32                           | 252                            | 8.82 |
|                 | 20—60cm | 2010       | 13.9                                | 0.79                     | 0.64                     | 20.36                    | 52                                         | 13.55                          | 231                            | 8.50 |
|                 |         | 2011       | 12.6                                | 0.71                     | 0.26                     | 21.82                    | 73                                         | 2.54                           | 127                            | 8.83 |
|                 |         | 2012       | 8.71                                | 0.59                     | 0.60                     | 20.59                    | 21                                         | 1.33                           | 119                            | 8.83 |
| T3              | 0—20cm  | 2010       | 12.2                                | 0.96                     | 0.63                     | 21.68                    | 66                                         | 29.60                          | 351                            | 8.41 |
|                 |         | 2011       | 14.6                                | 0.76                     | 0.23                     | 21.17                    | 74                                         | 16.01                          | 237                            | 8.91 |
|                 |         | 2012       | 10.5                                | 0.81                     | 0.83                     | 20.85                    | 51                                         | 13.23                          | 265                            | 8.60 |
|                 | 20—60cm | 2010       | 10.1                                | 1.03                     | 1.34                     | 19.70                    | 84                                         | 13.75                          | 332                            | 8.11 |
|                 |         | 2011       | 9.4                                 | 0.68                     | 0.45                     | 21.82                    | 81                                         | 3.47                           | 112                            | 8.97 |
|                 |         | 2012       | 6.1                                 | 0.51                     | 0.58                     | 20.54                    | 26                                         | 1.58                           | 170                            | 8.82 |

表 5 土壤养分变化 II  
Table 5 The soil nutrient change II

| 处理<br>Treatment | 年份<br>Year | 钙 Ca<br>/(mg/kg) | 镁 Mg<br>/(mg/kg) | 锰 Mn<br>/(mg/kg) | 铜 Cu<br>/(mg/kg) | 铁 Fe<br>/(mg/kg) | 锌 Zn<br>/(mg/kg) | 硼 B<br>/(mg/kg) |
|-----------------|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| T1              | 0—20cm     | 2010             | 120              | 73               | 5.02             | 1.01             | 5.32             | 1.08            |
|                 |            | 2011             | 65               | 21               | 3.32             | 0.95             | 7.64             | 1.20            |
|                 | 20—60cm    | 2010             | 85               | 34               | 4.37             | 1.01             | 6.46             | 0.33            |
|                 |            | 2011             | 85               | 40               | 2.80             | 0.97             | 7.61             | 0.62            |
| T2              | 0—20cm     | 2010             | 70               | 27               | 5.95             | 1.14             | 5.74             | 0.71            |
|                 |            | 2011             | 80               | 18               | 4.10             | 1.10             | 7.06             | 1.00            |
|                 | 20—60cm    | 2010             | 120              | 55               | 4.83             | 1.23             | 5.70             | 0.23            |
|                 |            | 2011             | 110              | 43               | 3.10             | 1.00             | 7.20             | 0.68            |
| T3              | 0—20cm     | 2010             | 80               | 27               | 5.94             | 1.10             | 5.73             | 1.36            |
|                 |            | 2011             | 80               | 27               | 3.52             | 1.09             | 7.84             | 0.70            |
|                 | 20—60cm    | 2010             | 300              | 60               | 4.57             | 3.45             | 8.84             | 3.27            |
|                 |            | 2011             | 120              | 61               | 2.78             | 0.90             | 7.05             | 0.40            |

### 3 讨论

试验结果表明,不同覆盖处理早春土壤温度差异很大,垄膜覆盖 4 月下旬 40 cm 土壤温度为 15.96℃,免耕为 14.12℃,而覆草只有 4.85℃,至 5 月下旬分别达到 16.36、14.91℃和 12.92℃,可见垄膜覆盖显著提高了早春梨园土壤温度,而覆草限制了早春土温的升高。果树根系活动与土壤温度有密切关系,树种不同对土壤温度要求不同,苹果最适宜温度为 14—21℃,当土壤温度达到 21.6—22.2℃时,鸭梨根系生长最快<sup>[9]</sup>。所以,在陇东干旱地区垄膜覆盖以土壤尚未解冻时(顶凌覆膜)最好,而覆草时间要适当推迟,以 5 月下旬覆盖较好。但是,由于早春覆草易使土壤温度变低,延迟了果树萌芽开花,避免花期冻害<sup>[10-11]</sup>,同时,覆草处理在早春和初夏干旱季节的保水性最好。所以,在干旱和晚霜易发生地区,如何利用覆草延迟果树花期,提高水分利用效率,以及不同覆盖物对避免或减轻晚霜冻危害和对根系活力的影响等方面有待于进一步研究。

干旱地区不同覆盖处理对土壤养分的影响很大。水土流失是导致氮磷流失的主要原因,氮磷流失以泥沙携带为主,氮磷流失浓度的大小受降雨量及降雨历时等的影响不大,受降雨强度影响较大,由于覆盖降低了水土流失,因而降低了氮磷的流失<sup>[12]</sup>。本试验结果表明,不同处理均降低了梨园土壤养分含量,而地面覆盖降低了土壤营养的流失强度,这与上述研究结果相同。

试验表明,随着种植年限的增加,不同覆盖处理土壤营养元素含量均存在降低趋势。这与试验地连续三年未施有机肥有关,所以,增施有机肥,及时补充树体营养消耗,是保证果树优质丰产的重要措施之一。地面覆盖提高了土壤铁、锌等微量元素含量,其作用机理可能是增加了土壤微生物数量,提高了土壤酶活性<sup>[13-16]</sup>,从而增加了土壤中微量元素含量。

良好的土壤结构和适宜的土壤孔隙度,是果树优质高产的基础,孔隙的大小较好地反映土壤水分蓄存状况。果园覆草改善了土壤孔隙状况,土壤贮水库容增大,覆膜由于降雨溅蚀击实,进入土壤的水分通道被挤压变小,土壤容重下降,且隔断了土壤与大气的水分交换,降低了土壤水分的无效蒸发<sup>[7]</sup>。垄膜覆盖提高了表层土壤含水量,改善了土壤结构和浅根、侧根的发育条件,增加了根系密度和生长量<sup>[17]</sup>。本试验结果表明,地面覆盖显著降低了土壤容重,增加了土壤孔隙度,从而提高了土壤通透性,利于果树根系的生长。

### References:

- [1] Li S X. Dryland Agriculture in China. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 221-221.
- [2] Zhang Y, Xie Y S. Effects of different patterns of surface mulching on soil hydrology in an apple orchard. Acta Prataculturae Sinica, 2011, 20(2): 85-92.
- [3] Li H K, Mei L X, Gao H. Effect of grass planting on the microclimate of apple orchard in the dryland area of Loess Plateau. Acta Agrestia Sinica, 2009, 17(5): 615-620.

- [4] Li C H, Ma C L. Soil cover with organic mulch and its influences on soil physical parameters( II )——change of soil porosity under organic mulch cover. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1997, 14(2): 82-85.
- [5] Li H K, Zhang G J, Zhao Z Y, Li K R. Effects of interplanted herbage on soil properties of non-irrigated apple orchards in the Loess Plateau. Acta Prataculturae Sinica, 2007, 16(2): 32-39.
- [6] Zhao Z Y, Li H K. The effects of interplant different herbage on soil water in apple orchards in the area of Weibei plateau. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33(3): 481-484.
- [7] Gao M S, Liao Y C, Li X, Huang J H. Effects of different mulching patterns on soil water-holding capacity of non-irrigated apple orchard in the Weibei plateau. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(10): 2080-2087.
- [8] Li H Y. Test of different kinds micro-irrigation for apple trees in gully areas in the plateau. Agricultural Research in the Arid Areas, 2001, 19(4): 32-37.
- [9] Hebei Agriculture University Chief Editor. Fruit Cultivation Science Topic. 2nd ed. Beijing: Agriculture Press, 1985: 45-47.
- [10] Sun P, Wang L H, Li G Z, Sun Y H, Sun B H. The effect of covering straw in orchard on soil physical and chemical characteristics. Research of Soil and Water Conservation, 2001, 8(3): 37-39, 109-109.
- [11] Wang Z Y, Yang P F, Gu R Z, Liu H. The effect of straw mulching on the droughty apple orchard in Loess Plateau. Scientia Agricultura Sinica, 1992, 25(5): 42-49.
- [12] Zhang Z Y, Wang C, Yang J, Li X H. Characteristics of nitrogen and phosphorus losses in garden of red soil slope land under different vegetation measures. Journal of Hehai University: Natural Sciences, 2010, 38(5): 479-483.
- [13] Gao M Y, Xuan S C, Ji C J, Wang Z Y. A study on the influence of orchard covering on the variations of the soil bacteria contents. Journal of Shanxi Agricultural University, 2000, 20(1): 26-29.
- [14] Gao M Y, Liu H, Qin G X, Qiao Y S, Wang Z Y. Influence of mulching in apple orchard on the azotobacter contents in soil. Journal of Fruit Science, 2000, 17(3): 185-187.
- [15] Jiao R, Zhao T S, He L M, Xu C X, Hao B F, Yu L C. Effect of self-sown grass and organic mulching on soil microorganism and organic content in Fuji apple orchard. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2008, 12(12): 29-30, 48-48.
- [16] Xu X, Zhang J. Effect of sown grass and organism mulching on orchard soil fertility. Journal of Sichuan Agricultural University, 2004, 22(1): 88-91.
- [17] Sun W T, Zhang K, Liu X Y, Zhao M X, Ma M, Wang F L. Influence of plastic film-mulching on ridge and rain harvesting on root distribution characteristics of apples and soil properties in dryland orchards of Longdong Areas. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2012, 21(10): 100-105.
- 参考文献:**
- [1] 李生秀. 中国旱地农业. 北京: 中国农业出版社, 2004: 221-221.
- [2] 张义, 谢永生. 不同覆盖措施下苹果园土壤水文差异. 草业学报, 2011, 20(2): 85-92.
- [3] 李会科, 梅立新, 高华. 黄土高原旱地苹果园生草对果园小气候的影响. 草地学报, 2009, 17(5): 615-620.
- [4] 李成华, 马成林. 有机物覆盖地面对土壤物理因素影响的研究( II )——有机物覆盖对土壤孔隙度的影响. 农业工程学报, 1997, 14(2): 82-85.
- [5] 李会科, 张广军, 赵政阳, 李凯荣. 生草对黄土高原旱地苹果园土壤性状的影响. 草业学报, 2007, 16(2): 32-39.
- [6] 赵政阳, 李会科. 黄土高原旱地苹果园生草对土壤水分的影响. 园艺学报, 2006, 33(3): 481-484.
- [7] 高茂盛, 廖允成, 李侠, 黄金辉. 不同覆盖方式对渭北旱作苹果园土壤贮水的影响. 中国农业科学, 2010, 43(10): 2080-2087.
- [8] 李怀有. 高塬沟壑区果园土壤管理制度试验研究. 干旱地区农业研究, 2001, 19(4): 32-37.
- [9] 河北农业大学主编. 果树栽培学总论(第二版). 北京: 农业出版社, 1985: 45-47.
- [10] 孙鹏, 王丽华, 李光宗, 孙玉焕, 孙百晔. 麦草覆盖对果园土壤理化性质影响的研究. 水土保持研究, 2001, 8(3): 37-39, 109-109.
- [11] 王中英, 杨佩芳, 古润泽, 刘和. 秸秆覆盖对黄土高原旱地苹果园的影响. 中国农业科学, 1992, 25(5): 42-49.
- [12] 张展羽, 王超, 杨洁, 李新虎. 不同植被条件下红壤坡地果园氮磷流失特征分析. 河海大学学报: 自然科学版, 2010, 38(5): 479-483.
- [13] 高美英, 宣所川, 冀常军, 王中英. 覆盖对果园土壤细菌数量年变化的影响. 山西农业大学学报, 2000, 20(1): 26-29.
- [14] 高美英, 刘和, 秦国新, 乔永胜, 王中英. 秸秆覆盖对苹果园土壤固氮菌数量年变化的影响. 果树科学, 2000, 17(3): 185-187.
- [15] 焦蕊, 赵同生, 贺丽敏, 许长新, 郝宝峰, 于丽辰. 自然生草和有机物覆盖对苹果园土壤微生物和有机质含量的影响. 河北农业科学, 2008, 12(12): 29-30, 48-48.
- [16] 徐雄, 张健. 生草和生物覆盖对果园土壤肥力的影响. 四川农业大学学报, 2004, 22(1): 88-91.
- [17] 孙文泰, 张坤, 刘小勇, 赵明新, 马明, 王发林. 垄膜集雨对陇东旱塬苹果根系分布及土壤性状的影响. 西北农业学报, 2012, 21(10): 100-105.

# ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.3 Feb., 2014 (Semimonthly)

## CONTENTS

### Frontiers and Comprehensive Review

- Research advances and prospects of post-disaster ecological restoration assessment .....  
..... LIU Xiaofu, WANG Wenjie, LI Jing, et al (527)
- The sustainability analysis of small hydropower plants in China based on ecological energetic accounting .....  
..... PANG Mingyue, ZHANG Lixiao, WANG Changbo (537)

### Autecology & Fundamentals

- An ecological study on zooplankton in the northern Beibu Gulf V: the effects of microzooplankton grazing on phytoplankton in summer .....  
..... MA Lu, CAO Wenqing, ZHANG Wenjing, et al (546)
- Sexual size dimorphism and female individual fecundity of *Silurus asotus* and *Clarias fuscus* .....  
..... FAN Xiaoli, LIN Zhihua, DING Xianlong, et al (555)
- Effect of environmental temperature on thermogenesis and evaporative water loss in Chinese bulbuls (*Pycnonotus sinensis*) .....  
..... LIN Lin, CAO Mengting, HU Yilin, et al (564)
- Effects of irrigation on plant growth and nitrogen use characteristics of *Calligonum caput-medusae* Schrenk seedlings .....  
..... HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al (572)
- Enzymatic activity during phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon impacted soil .....  
..... ZHU Fan, HONG Xiangqi, YAN Wende, et al (581)
- Assessment of karst groundwater vulnerability in Chongqing based on revised RISKE model .....  
..... WEI Xingping, PU Junbing, ZHAO Chunyong (589)
- Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity .....  
..... PAN Yanxin, LUO Wan, JIA Zhonghua, et al (597)

### Population, Community and Ecosystem

- Spatial distribution and spatial association of *Stellera chamaejasme* population in the different altitude in degraded alpine grassland .....  
..... GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang, ZHUO MA Lancuo (605)
- Biotic stress of predators on population of alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* (Col.: Chrysomelidae) .....  
..... LIU Yufang, LI Fei, GUI Fangyan, et al (613)
- Characteristics of phytoplankton community in the northern South China Sea in summer and winter .....  
..... MA Wei, SUN Jun (621)
- The amount and dynamics of litterfall in the natural secondary forest in Mopan Mountain .....  
..... FAN Chunnan, GUO Zhongling, ZHENG Jinping, et al (633)
- Effects of continuous drought on soil bacteria populations and community diversity in sweet cherry rhizosphere .....  
..... LIU Fangchun, XING Shangjun, MA Hailin, et al (642)
- The basic principle of random forest and its applications in ecology: a case study of *Pinus yunnanensis* .....  
..... ZHANG Lei, Wang Linlin, ZHANG Xudong, et al (650)
- Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance .....  
..... HOU Peng, SHEN Wenming, WANG Qiao, et al (660)
- Stomatal and environmental control on evapotranspiration in a plantation in the lower mountain areas of North China .....  
..... HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (667)
- The fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in alpine grassland of the Tianshan Mountains, Xinjiang .....  
..... HE Guixiang, LI Kaihui, SONG Wei, et al (674)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Analysis the relationship between ecological footprint (EF) of ningxia and influencing factors: Partial Least-Squares Regression (PLS) ..... MA Mingde, MA Xuejuan, XIE Yingzhong, et al (682)
- Profile distribution patterns of soil organic carbon and the rate of carbon sequestration in Ningxia Irrigation Zone ..... DONG Linlin, YANG Hao, YU Dongsheng, et al (690)
- Molecular mechanism on carbon dioxide assimilation of autotrophic microorganism and carbon translocation in agricultural soils ..... WU Xiaohong, JIAN Yan, CHEN Xiaojuan, et al (701)

**Resource and Industrial Ecology**

- Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach ..... SUN Yufeng, GUO Quanying (710)
- Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan ..... SU Panpan, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (718)

**Urban, Rural and Social Ecology**

- Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression ..... LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (727)

**Research Notes**

- Spatial-temporal variability of dry and wet deposition of atmospheric nitrogen in different ecological regions of Shaanxi ..... LIANG Ting, TONG Yan'an, LIN Wen, et al (738)
- The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area ..... LIU Xiaoyong, LI Hongxun, LI Jianming, et al (746)
- Structure and diversity of soil fauna communities in the tundra of the Changbai Mountains, China ..... WANG Zhenhai, YIN Xiuqin, JIANG Yunfeng (755)
- Modeling the total allowable area for coastal reclamation: a case study of Xiamen, China ..... LIN Chenchen, RAO Huanhuan, LIU Yan, et al (766)

# 《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 3 期 (2014 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 3 (February, 2014)

|               |                                                                                                                    |                 |                                                                                                                                                                                   |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 编 辑           | 《生态学报》编辑部<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085<br>电话:(010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by       | Editorial board of<br>ACTA ECOLOGICA SINICA<br>Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China<br>Tel: (010)62941099<br>www.ecologica.cn<br>shengtaixuebao@rcees.ac.cn |
| 主 编           | 王如松                                                                                                                | Editor-in-chief | WANG Rusong                                                                                                                                                                       |
| 主 管           | 中国科学技术协会                                                                                                           | Supervised by   | China Association for Science and Technology                                                                                                                                      |
| 主 办           | 中国生态学学会<br>中国科学院生态环境研究中心<br>地址:北京海淀区双清路 18 号<br>邮政编码:100085                                                        | Sponsored by    | Ecological Society of China<br>Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS<br>Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China                                  |
| 出 版           | 科 学 出 版 社<br>地址:北京东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717                                                                       | Published by    | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North Street,<br>Beijing 100717, China                                                                                                 |
| 印 刷           | 北京北林印刷厂                                                                                                            | Printed by      | Beijing Bei Lin Printing House,<br>Beijing 100083, China                                                                                                                          |
| 发 行           | 科 学 出 版 社<br>地址:东黄城根北街 16 号<br>邮政编码:100717<br>电话:(010)64034563<br>E-mail: journal@cspg.net                         | Distributed by  | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China<br>Tel: (010)64034563<br>E-mail: journal@cspg.net                                               |
| 订 购           | 全国各地邮局                                                                                                             | Domestic        | All Local Post Offices in China                                                                                                                                                   |
| 国外发行          | 中国国际图书贸易总公司<br>地址:北京 399 信箱<br>邮政编码:100044                                                                         | Foreign         | China International Book Trading<br>Corporation<br>Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China                                                                                         |
| 广告经营<br>许 可 证 | 京海工商广字第 8013 号                                                                                                     |                 |                                                                                                                                                                                   |



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元