

全生物降解节水膜对土壤理化性质及 果树生长的影响*

凌红波¹, 于瑞德¹, 鲁珊²

- (1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011;
2. 新疆师范大学生命科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要: 选取新疆小白杏 *Prunus armeniaca* 为研究对象, 在新疆吐鲁番亚尔乡布设覆盖全生物降解膜与无膜试验区, 对比分析两试验区杏树 4-6 月生长期土壤水分、温度、养分及杏树生长(基径、新梢、叶)的差异性, 并探讨了覆膜调温保墒的作用机制, 结果表明: ①与无膜区相比, 4-6 月份覆膜区 $0 < H \leq 20$ cm、 $20 < H \leq 40$ cm 及 $40 < H \leq 60$ cm 平均可分别提高 3.3%、7.08%、12.6%; 4 月份 $0 < H \leq 60$ cm 土壤温度平均提高 1.5 °C, 可显著降低高温期 5 月份 $0 < H \leq 20$ cm 土层土壤温度, 对同为高温期的 6 月份也有一定的降温作用; 覆膜可促进土壤肥力的提升, 但试验区土壤仍较为贫瘠。②覆膜可显著促进杏树的生长, 覆膜区 I、II、III 径级平均基径分别显著增加了 11.86%、9.84%、11.80%, 百叶质量分别增加了 111.69%、5.11%、17.56%, 平均叶面长 ≥ 6 cm, 平均叶面宽 ≥ 4 cm, 杏树径级越小, 覆膜对杏树新梢的影响越明显。③全生物降解膜对土壤水分、温度的综合作用使得覆膜具有良好的调温保墒功能, 同时促进杏树的生长。综上, 在新疆杏树的栽培生产中可将覆膜技术进行推广应用, 从而有效提高区域水资源利用率及农业生产效率。

关键词: 全生物降解膜; 新疆小白杏; 土壤水分; 土壤温度; 土壤养分

中图分类号: Q945.3 文献标志码: A 文章编号: 0529-6579(2017)03-0158-07

Effects of full biodegradable mulch film on soil moisture, temperature, nutrient and growth of *Prunus armeniaca*

LING Hongbo¹, YU Ruide¹, LU Shan²

- (1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Science, Urumqi 830011, China;
2. School of Life Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Field experiments were conducted to study the effect of biodegradable film on the soil properties (moisture, temperature, and nutrients) and the growth of *Prunus armeniaca* (base diameter, new shoots, and leaf) during April to June in Tulufan, Xinjiang. The results showed that: ① the application of biodegradable film brought a significant effect on soil moisture and temperature, but not on soil nutrients. Soil water increased by 3.3%, 7.08% and 12.6% at the depth of $0 < H \leq 20$ cm, $20 < H \leq 40$ cm and $40 < H \leq 60$ cm from April to June. The average temperature of soil at the depth of $0 < H \leq 60$ cm in April increased by 1.5 °C, while they relatively dropped at the depth of $0 < H \leq 20$ cm in May and June when the air temperature was high. Film coating can benefit soil fertility, but the soil of experimental zone was still relatively poor. ② Film coating can significantly accelerate the growth of *Prunus armeniaca*.

* 收稿日期: 2016-06-17

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技计划项目(Y342131001), 中国科学院千人计划科研项目(Y372051001)

作者简介: 凌红波(1983年生), 男; 研究方向: 干旱区水文水资源; E-mail: 274953364@qq.com

通信作者: 于瑞德(1962年生), 男; 研究方向: 干旱区水文水资源; E-mail: yuruide@sina.com

ca, e. g. the trees have stronger stems (the average basal diameter of I, II, III diameter class increased by 11.86%, 9.84% and 11.80%), larger leaves (the median dimension was more than 6×4 cm), and heavier leaves (one hundred leaf mass increased by 111.69%, 5.11% and 17.56%, respectively, for I, II, III diameter class). ③ The full biodegradable membrane can regulate the soil moisture and temperature, and hence benefits the growth of *Prunus armeniaca*. The biodegradable film should be applied generally to improve the water resources utilization and agricultural production efficiency in the apricot cultivation.

Key words: biodegradable film; *Prunus armeniaca*; soil moisture; soil temperature; soil nutrient

覆盖地膜作为一项重要的农业增产技术措施,不仅起到有效的调温保墒作用,还可以促进作物生长和增产,从而得到了广泛的应用^[1-3]。生物降解膜因其可降解、减少“白色污染”等环境问题并且具有良好的调温保墒等作用而逐渐取代传统塑料地膜^[4-8]。当前覆膜在农业生产的应用研究多集中于玉米、棉花、小麦、水稻及马铃薯等作物^[9-13],而在林果业生产中的应用研究较少。新疆林果业因其水土光热等自然资源优势,现已发展为新疆的特色产业与支柱产业^[14-15]。但同时新疆气候炎热、蒸发强烈、土壤贫瘠,如何有效的降低土壤水分蒸发、提升土壤肥力水平,从而提高林果业生产水平则成为该区林果业发展需要解决的关键问题^[16-17]。因此,本文以新疆小白杏(*Prunus armeniaca*)为研究对象,通过在新疆吐鲁番亚尔乡布设覆盖全生物降解膜与无膜试验区,对比分析两试验区杏树4-6月生长期土壤水分、温度、养分及杏树生长(基径、新梢、叶)的差异性,并探讨覆膜调温保墒等的作用机制,以期在全生物降解膜在该区杏树生产中的应用提供科学性参考,进而为促进干旱区林果业的发展提供科技支撑。

1 试验区概况

试验地位于新疆吐鲁番地区吐鲁番市亚尔乡上湖村西北方向约2.95 km处的生物降解膜节水种植技术示范区(N42°59'152" - N42°59'405", E89°04'822" - E89°04'853"),海拔108 m。试验地面积共6 000 m²,共设2个试验区,每试验区3 000 m²。该试验地热量丰富,≥0℃积温为5 736℃,≥40℃极热日为106 d,无霜期最长达246 d,降水稀少,历年平均降水量仅16.5 mm^[12-13],该区为典型的暖温带干旱荒漠气候。试验区土壤为漠土纲的棕漠土,土壤熟化程度差,肥力水平低,主要成分质量分数为:有机质3.62 g/kg;速效氮2.94 mg/kg;速效磷6.54 mg/kg;速效钾28.07 mg/kg, pH值为7.24。依据全国第2次土壤普查各项土壤养

分指标^[18],试验区养分指标除速效磷含量较为适宜,其他指标均为很缺乏,可以看出实验区土壤熟化程度低,肥力水平较差。

2 材料与方法

2.1 实验设计

选用亚尔乡育苗基地的新疆小白杏3 a生苗作为试验材料,试验所用的全生物降解膜由新疆德华生态有限公司提供。本试验共分2块试验区,为无膜传统种植区(CK,下文称无膜区)和覆全生物降解膜区(覆膜,下文称覆膜区),每试验区各3 000 m²。在2011年春季对2块试验区进行多次翻挖,而后在试验区内挖长×宽为70 m×1.5 m的定植沟,并在定植沟内挖长×宽×高为1 m×1 m×1 m的定植穴。在定植穴内铺设全生物降解膜(套袋型,规格为760 mm×500 mm),于2011年10月份对杏树幼苗定植,定植的杏树幼苗苗龄均为3 a,定植时行距为4 m,株距为3 m将两试验区灌溉模式均为大水漫灌,灌溉次数为1个月2次,每个试验区的灌溉量均为360 t/次。定植当年定植穴内添加少量厩肥,次年5月份挖掘环形沟进行施肥,单株施肥量包括约0.3 kg磷酸二胺、0.1 kg磷酸二氢钾及一定量的厩肥,后根据杏树生长状况逐年增加肥料的使用量。两试验区其他管理方式相同。

2.2 测定项目及方法

于2015年4月份从杏树抽新叶时开始到6月份果期结束时为止,每10 d进行一次测定,持续观测3个月。试验分别持续观测了试验区土壤水分、温度、养分及杏树的各项生长指标。

2.2.1 土壤水分及温度 土壤水分 温度的测定是采用五点法在两个试验区分别选取杏树定植穴的样点。用土壤墒情速测仪分别在每个样点对距地表深度(H)为0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm的土壤进行水分和温度的测定,每个样点3次重复。

2.2.2 土壤养分的测定 在覆膜区与无膜区分别采用5点取样的方法选取杏树定植穴的样点。在每

个样点对距地表 20 cm、40 cm、60 cm 处取土, 土样装袋后标号, 在干燥空旷的场地自然风干, 然后剔除土样中的石子、植物残渣等杂质, 再将土样用 10 目标准分筛过滤后备用。在实验室内完成包括全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾土壤养分指标的测定, 测定方法可参考文献^[19]。

2.2.3 杏树生长指标测定 将杏树按其基径 (D) 大小分为 3 个径级, $20\text{ mm} \leq D < 50\text{ mm}$ 为第 I 径级, $50\text{ mm} \leq D < 80\text{ mm}$ 为第 II 径级, $80\text{ mm} \leq D < 110\text{ mm}$ 为第 III 径级。在覆膜区和无膜区每一个径级选取 5 株长势良好的杏树, 每株杏树分别从东、西、南、北四个方向测量其新梢长度、新梢宽度、新梢叶片数、从新梢顶端展开叶开始第 6 节叶片的叶面长和叶面宽、百叶质量、基径。

3 结果与分析

3.1 覆膜对土壤水分温度的影响

由图 1 可以看出在杏树生长季, 覆膜可有效的抑制杏树实验区土壤水分的散失, 提高土壤含水

量。4-6 月份覆膜区较无膜区 $0 < H \leq 60\text{ cm}$ 的 3 个土层土壤平均含水量分别提高了 3.3%、7.08%、12.6%。随着土层深度的增加, 不同处理方式下土壤含水量均呈现出明显的增加趋势, 覆膜可显著提升 $20\text{ cm} < H \leq 40\text{ cm}$ 与 $40\text{ cm} < H \leq 60\text{ cm}$ 处土壤含水量 ($P < 0.05$), 同时也可减缓 $0 < H \leq 20\text{ cm}$ 处土壤水分蒸发。由于试验区气候极度干旱, 近地面蒸发过于强烈, 造成 $0 < H \leq 20\text{ cm}$ 处土壤含水量较低, 但因本区土壤毛细作用较弱, 随着土壤深度的增加, 土壤含水量增多, 覆膜抑制土壤水量蒸发的效果也越来越明显。

覆膜对 4-6 月份不同深度土壤温度的影响存在一定差异 (图 1), 4 月份覆膜可显著提升 $0 < H \leq 60\text{ cm}$ 土壤温度, 较无膜区平均提高 $1.5\text{ }^\circ\text{C}$ 。4 月份为杏树花期坐果期, 覆膜的保温作用可有效促进杏树的生长。在 5 月份, 随着土壤深度的增加, 不同处理方式下土壤温度差异性显著, 且覆膜对土壤温度的影响并不相同。在 $0\text{ cm} < H \leq 20\text{ cm}$, 覆膜可使土壤温度平均下降 $0.8\text{ }^\circ\text{C}$ ($P < 0.01$), 而对

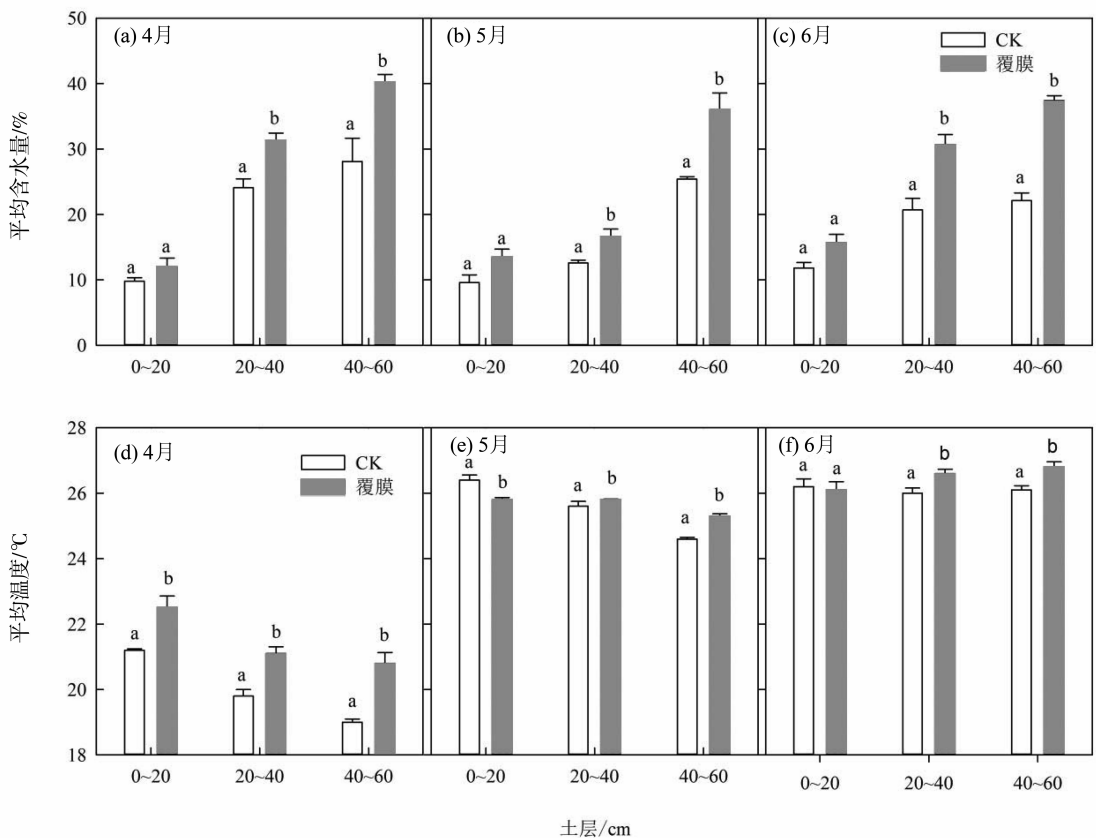


图 1 不同观测时间样地覆膜与否对土壤含水量、温度的影响
不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Fig. 1 The effect of *Prunus armeniaca* of different treatments on soil water and temperature

20 cm < H ≤ 40 cm 及 40 cm < H ≤ 60 cm 均呈现显著的增温作用。6 月份覆膜对 0 cm < H ≤ 20 cm 土壤也表现出一定的降温作用, 但影响并不显著。试验区 5-6 月气温较高, 覆膜可有效降低地表土壤温度, 有利于杏树的正常生长。

3.2 覆膜对土壤养分的影响

试验区土壤熟化程度低, 肥力水平较差, 改善土壤养分水平可有效促进杏树的正常生长繁育。本文通过对比覆膜区与无膜区不同土层土壤养分的差异, 以明确覆膜对试验区土壤养分的影响 (表 2)。

土壤养分指标均有一定程度的增加, 但差异性并不显著; 20 cm < H ≤ 40 cm 深度, 土壤养分含量

均呈增加趋势, 且覆膜对有机质及全氮含量影响最为显著, 其分别增加了 32.8%、47.4%; 土壤养分含量在 40 cm < H ≤ 60 cm 深度也全部表现出增加的特征, 其中全磷及速效钾含量增长最为显著, 其分别增加 12.4%、49%。随着深度的增加, 覆膜处理下土壤养分指标均呈现减少趋势, 而无膜区, 除速效氮和速效磷以外, 其他土壤养分指标也表现为随深度增加而减少的特点。土壤养分分级标准, 试验区土壤养分仍处于很缺乏或缺乏级别。综上, 试验区土壤养分含量虽有一定程度的增加, 但并未发生本质性变化, 覆膜对试验区土壤养分总体影响并不明显。

表 2 覆膜对不同深度土壤养分的影响 (平均值 ± 标准误)¹⁾

Table 2 The effect of *Prunus armeniaca* of different treatments on soil nutrient (mean ± SE)

土层厚 H/cm	试验区	有机质	全氮	全磷	全钾
		(g/kg)			
0 < H ≤ 20	CK	(4.11 ± 0.65) a	(0.23 ± 0.04) a	(0.93 ± 0.02) a	(10.23 ± 0.20) a
	覆膜	(5.20 ± 0.61) a	(0.29 ± 0.03) a	(0.94 ± 0.02) a	(10.03 ± 0.29) a
20 < H ≤ 40	CK	(3.33 ± 0.52) a	(0.17 ± 0.03) a	(0.89 ± 0.02) a*	(8.76 ± 0.47) a
	覆膜	(3.79 ± 0.31) a	(0.24 ± 0.03) a	(1.00 ± 0.02) b*	(9.57 ± 0.27) a
20 < H ≤ 40	CK	(3.26 ± 0.38) a	(0.19 ± 0.02) a*	(0.92 ± 0.02) a	(9.22 ± 0.56) a
	覆膜	(4.33 ± 0.26) b	(0.28 ± 0.01) b*	(0.97 ± 0.03) a	(9.60 ± 0.25) a
土层厚 H/cm	试验区	速效氮	速效磷	速效钾	
		(mg/kg)			
0 < H ≤ 20	CK	(26.93 ± 2.16) a	(2.37 ± 0.38) a	(46.00 ± 8.08) a	
	覆膜	(29.93 ± 2.55) a	(2.73 ± 0.44) a	(57.00 ± 5.56) a	
20 < H ≤ 40	CK	(18.86 ± 2.98) a	(1.83 ± 0.23) a	(36.00 ± 4.04) a	
	覆膜	(22.05 ± 1.86) a	(2.27 ± 0.29) a	(45.20 ± 4.18) a	
20 < H ≤ 40	CK	(24.02 ± 2.49) a	(2.19 ± 0.50) a	(29.00 ± 2.65) a*	
	覆膜	(26.86 ± 1.76) a	(2.29 ± 0.35) a	(43.20 ± 2.01) b*	

1) 表中数据为平均值 ± 标准误差; 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), * 表示差异极显著 ($P < 0.01$)

3.3 覆膜对杏树生长的影响

由表 3 可以看出, 覆膜对不同径级杏树的基径、新梢 (长度、宽度、叶片数) 及叶 (长、宽、质量) 的生长均表现出一定程度的促进作用。相较于无膜区, 覆膜区不同径级杏树的基径增粗显著, I、II、III 径级平均基径分别增加了 11.86%、9.84%、11.80%。覆膜处理下, 3 个径级的杏树新梢长度显著长于无膜区, 分别平均增长 66.5%、53%、25.5%; 新梢叶片数也明显增多,

I、II、III 径级新梢叶片数平均增加 72.4%、45.2%、25.2%; 覆膜虽可促进新梢宽度的生长, 但只有 I 径级杏树覆膜区与无膜区新梢宽度有显著差异, 可见杏树径级越小, 覆膜对杏树新梢的影响越显著。覆膜区平均叶面长 ≥ 6 cm, 平均叶面宽 ≥ 4 cm, 而无膜区平均叶面长 ≤ 6 cm, 平均叶面宽 ≤ 4 cm, 差异显著。覆膜区不同径级杏树百叶质量较无膜区均有所增加, I、II、III 径级杏树分别增加了 111.69%、5.11%、17.56%。

表 3 覆膜对杏树生长的影响 (平均值 \pm 标准误)¹⁾Table 3 The effect of different treatments on the growth of *Prunus armeniaca* (mean \pm SE)

级别	新梢长度/cm		新梢宽度/mm		新梢叶片数/片	
	CK	覆膜	CK	覆膜	CK	覆膜
I 级	(40.6 \pm 4.20) a	(67.6 \pm 3.08) b	(5.66 \pm 0.72) a	(7.41 \pm 0.37) b	(29.3 \pm 2.36) a	(50.5 \pm 2.94) b
II 级	(57.9 \pm 3.16) a	(88.6 \pm 3.87) b	(6.94 \pm 0.22) a	(7.24 \pm 0.23) a	(40.7 \pm 2.33) a	(59.1 \pm 2.43) b
III 级	(64.3 \pm 3.31) a	(80.7 \pm 3.87) b	(7.34 \pm 0.31) a	(7.39 \pm 0.22) a	(46.8 \pm 2.83) a	(58.6 \pm 2.41) b

级别	叶面长/cm		叶面宽/cm	
	CK	覆膜	CK	覆膜
I 级	(4.83 \pm 0.44) a	(6.11 \pm 0.24) b	(3.25 \pm 0.31) a	(4.41 \pm 0.23) b
II 级	(5.69 \pm 0.28) a	(6.02 \pm 0.24) a	(3.64 \pm 0.21) a	(4.42 \pm 0.23) b
III 级	(5.81 \pm 0.21) a	(6.68 \pm 0.28) b	(3.99 \pm 0.17) a	(4.39 \pm 0.22) a

级别	百叶质量/g		基径/mm	
	CK	覆膜	CK	覆膜
I 级	(16.3 \pm 2.35) a	(34.4 \pm 3.19) b	(35.49 \pm 1.00) a	(39.70 \pm 1.46) b
II 级	(40.2 \pm 2.67) a	(42.2 \pm 2.82) a	(62.82 \pm 1.40) a	(69.00 \pm 1.37) b
III 级	(46.7 \pm 3.74) a	(54.9 \pm 2.53) b	(86.08 \pm 1.11) a	(96.24 \pm 2.79) b

1) 表中数据为平均值 \pm 标准误差; 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

4 讨论

4.1 覆膜调温保墒作用机制分析

覆膜对土壤水分与温度的影响应是相互作用的整体^[20-21]: ① 覆膜阻断了土壤与外界水分与热量的直接交换, 在本研究区中主要表现为抑制土壤水分的蒸发, 同时减少了水量散失造成的潜热损失; ② 土壤含水量的变化影响土壤热量的吸收与释放过程, 覆膜使土壤含水量增加, 土壤温度升温、降温过程均变缓; ③ 地膜附着含水层削弱日间太阳的短波辐射及夜间土壤的长波辐射, 使得日间升温及夜间降温均减缓。本文中覆膜可使 4 月份 $0 < H \leq 20$ cm 土层温度明显高于无膜区, 4 月份试验区气温较低, 覆膜可减少土壤水分的蒸发, 同时起到保温层的作用, 显著减少了土壤热量的散失, 使得该时期覆膜区土壤温度明显高于无膜区。而气温较高的五、六月份覆膜区 $0 < H \leq 20$ cm 土层温度较无膜区有一定下降, 这一时期试验区蒸发较四月份更为强烈, 覆膜区近地层土壤含水量的差异与覆膜附着含水层减缓了土壤热量的吸收与释放过程, 使得覆膜区 $0 < H \leq 20$ cm 土壤温度的变化趋势放缓, 表现出同时期覆膜区近地层土壤温度低于无膜区。

4.2 覆膜对土壤养分和杏树生长影响关系的探讨

在作物生长季, 由于覆膜处理可增加土壤温度、水分, 对作物的生长具有明显的促进作用, 从而使得土壤养分含量降低^[21-24]。本研究中相较于无膜区, 覆膜可在一定程度上改善试验区土壤养分水平, 但总体影响并不显著, 这可能与覆膜改善土

壤温度、水分特征和杏树本身的生长状态有关。试验区灌溉方式为大水漫灌, 而试验区土壤保水性较差且水量蒸发强烈, 造成土壤肥力持续能力较差, 由于覆膜区土壤水分状况优于无膜区, 覆膜区土壤养分特性有一定改善, 这在一定程度上促进了杏树的生长, 而杏树的生长对土壤养分含量产生反作用, 使得覆膜区土壤养分与无膜区无显著性差异产生。

4.3 覆膜对杏树栽培的实际生产意义

水资源是限制干旱区农业发展的最主要因素, 保证水资源的高效利用是当前农业发展的重要基础。本文研究结果表明覆膜可以有效提升土壤蓄水保墒的作用, 在提高水资源利用率的同时, 覆膜可减少不利自然条件对杏树生长的影响, 对杏树生长有显著的促进作用, 基径、新梢及叶的等营养生长可确保杏树具备良好的植株品质, 缩短盛果期到来的时间, 从而减少农业投入促进增产增收。因此在杏树的栽培生产中将覆膜技术进行推广应用, 从而有效提高区域水资源利用率及农业生产效率。

5 结论

1) 在杏树生长期 4 ~ 6 月份, 全生物降解膜的使用可有效提高土壤水分, 起到调温保墒的作用, 同时对试验区土壤肥力也有一定的改善。与无膜区相比, 覆膜区 $0 \text{ cm} < H \leq 20 \text{ cm}$ 、 $20 \text{ cm} < H \leq 40 \text{ cm}$ 及 $40 \text{ cm} < H \leq 60 \text{ cm}$ 土壤土层水分可分别提高 3.3%、7.08%、12.6%。4 月份 $0 < H \leq 60 \text{ cm}$ 土壤温度, 较无膜区平均提高 1.5 $^{\circ}\text{C}$, 可显著降低

高温期5月份 $0 < H \leq 20$ cm 土层土壤温度,同时对同为高温期的6月份 $0 < H \leq 20$ cm 土壤温度的降低也有一定促进作用。

2) 覆膜可显著促进杏树基径、新梢(长度、宽度、叶片数)及叶(长、宽、质量)的生长。覆膜区 I、II、III 径级杏树平均基径较无膜区分别增加了 11.86%、9.84%、11.80%, 杏树径级越小,覆膜对杏树新梢的影响越明显,覆膜区平均叶面长 ≥ 6 cm, 平均叶面宽 ≥ 4 cm, I 径级杏树百叶质量较无膜区增加 111.69%, 差异性最为显著。

参考文献:

[1] DONG H, LI W, WEI T, et al. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields[J]. *Field Crops Research*, 2009, 111(3): 269-275.

[2] SHEN L X, WANG P, ZHANG L L. Degradation property of degradable film and its effect on soil temperature and moisture and maize growth[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(4): 111-116.

[3] 温晓霞,韩思明. 旱作小麦地膜覆盖生态效应研究[J]. *中国生态农业学报*, 2003, 11(2): 92-95.

WEN X X, HAN S M. Research on ecological effect of wheat with plastic film in dry land[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11(2): 92-95.

[4] 许香春,王朝云. 国内外地膜覆盖栽培现状及展望[J]. *中国麻业*, 2006, 28(1): 6-11.

XU X C, WANG C Y. The status and development trend of cultivation mulch film at home and abroad[J]. *Plant Fiber Sciences in China*, 2006, 28(1): 6-11.

[5] 平英华. 我国残膜机械化回收装备存在的问题及对策[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(22): 7678-7679, 7682.

PING Y H. Existing problems and countermeasures of mechanical recovery equipment for residual film in China[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2014, 42(22): 7678-7679, 7682.

[6] MÖLLER K, GEVERT T, HOLMSTRÖM A. Examination of a low density polyethylene (LDPE) film after 15 years of service as an air and water vapour barrier[J]. *Polymer Degradation & Stability*, 2001, 73(1): 69-74.

[7] 山立,韩冰. 可降解农用地膜国内外研究推广进程与存在问题[J]. *陕西农业科学*, 2015, 61(12): 73-77.

SHAN L, HAN B. Research progress and problems of degradable agricultural film at home and abroad[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2015, 61(12): 73-77.

[8] 齐明阳,巴金娇. 生物降解塑料的研究现状和发展趋势[J]. *生物技术世界*, 2015(1): 16.

QI M Y, BA J J. Research status and development trend of biodegradable plastics[J]. *BioTech World*, 2015(1): 16.

[9] 李兴,程满金,勾芒芒,等. 黄土高原半干旱区覆膜玉米土壤温度的变异特征[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(1): 218-222.

LI X, CHENG M J, GOU M M, et al. variation of soil temperature about plastic film mulching Maize in semi-arid Areas, the Loess plateau[J]. *Ecology and Environment Sciences*, 2010, 19(1): 218-222.

[10] 姜善伟,赵强,高云光,等. 不同密度水平对覆膜棉花田间小气候及产量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2009, 27(5): 88-92.

LOU S W, ZHAO L, GAO Y G. The effect of different density on microclimate and yield in cotton field under film mulching[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2009, 27(5): 88-92.

[11] 柴守玺,杨长刚,张淑芳,等. 不同覆膜方式对旱地冬小麦土壤水分和产量的影响[J]. *作物学报*, 2015, 35(5): 787-796.

CHAI S X, YANG C G, ZHANG S F, et al. Effects of plastic mulching modes on soil moisture and grain yield in dryland winter wheat [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2015, 35(5): 787-796.

[12] 吴文革,徐秀娟,陈周前,等. 覆膜旱作水稻生育特点及其适宜栽培技术的研究[J]. *安徽农业科学*, 1998(3): 227-230.

WU W G, XU X J, CHEN Z Q, et al. Study of film mulched rice growth characteristics and suitable cultivation technology[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 1998(3): 227-230.

[13] 王东,卢健,秦舒浩,等. 沟垄和覆膜连作种植对马铃薯生长、产量及品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(7): 28-32.

WANG D, LU J, QIN S H. Effects of film mulch and ridge-furrow planting on growth, yield and quality of potato in continuous cultivation [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(7): 28-32.

[14] 赵英,张开春,张春山,等. 新疆特色林果业发展面临的机遇与挑战[J]. *北方园艺*, 2011, 19: 166-168.

ZHAO Y, ZHANG K C, ZHANG C S. Opportunities and challenges in the development of xinjiang characteristic fruit [J]. *Northern Horticulture*, 2011, 19: 166-168.

[15] 刘敬强,瓦哈甫·哈力克,王冠生,等. 新疆特色林果业资源时空分异规律研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2012, 30(2): 230-236.

LIU J Q, WAHAP H, WANG G S, et al. Study on temporal and spatial distribution rules of characteristic fruit industry resources in Xinjiang [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2012, 30(2): 230-236.

[16] 宋飞,朱丽晶,赵彦英. 半干旱农业区土壤蓄水保墒及高效用水技术[J]. *水利科技与经济*, 2007, 13(6): 434-435.

SONG F, ZHU L J, ZHAO Y Y. Soil moisture and wa-

- ter use efficiency of soil water in semi arid area of Agricultural Technology [J]. *Water Conservancy Science and Technology and Economy*, 2007, 13(6): 434-435.
- [17] 姜逢清, 李珍, 胡汝骥. 20 世纪下半叶干旱对新疆农业的影响及灾害链效应[J]. *干旱区地理*, 2005, 28(4): 465-473.
- JIANG F Q, LI Z, HU R J. Influences of drought on agriculture and disaster-chain effect during the second half of the 20th century in Xinjiang [J]. *Arid Land Geography*, 2005, 28(4): 465-473.
- [18] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [20] 王树森, 邓根云. 地膜覆盖增温机制研究[J]. *中国农业科学*, 1991(3): 74-78.
- WANG S S, DENG G Y. Study on the mechanism of increasing temperature of plastic film mulching [J]. *Agricultural Sciences in China*, 1991(3): 74-78.
- [21] 王秀康, 李占斌, 邢英英. 覆膜和施肥对玉米产量和土壤温度、硝态氮分布的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2015, 21(4): 884-897.
- WANG X K, LI Z B, XING Y Y. Effects of mulching and fertilization on maize yield, soil temperature and nitrate-N distribution [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2015, 21(4): 884-897.
- [22] 周丽敏. 黄土高原双垄覆膜和地槽集水技术对土壤水温、土壤养分及作物产量的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2009.
- ZHOU L M. How the techniques of double ridges and furrows with plastic mulch and rainwater harvest with subgroove facility affect soil moisture & temperature, soil fertility and crop yield in the semiarid Loess Plateau of China[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2009.
- [23] 寇江涛, 师尚礼, 周万海, 等. 垄覆膜集雨种植对二年龄苜蓿草地土壤养分的影响[J]. *草业学报*, 2011, 20(5): 207-216.
- KOU J T, SHI S L, ZHOU W H, et al. Soil nutrient in two-year alfalfa field on condition of film-mulching rainfall harvesting cultivation [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2011, 20(5): 207-216.
- [24] 宋秋华, 李凤民, 王俊, 等. 覆膜对春小麦农田微生物数量和土壤养分的影响[J]. *生态学报*, 2002, 22(12): 2125-2132.
- SONG Q H, LI F M, WANG J, et al. Effect of various mulching durations with plastic film on soil microbial quantity and plant nutrients of spring wheat field in semi-arid loess plateau of China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2125-2132.
-
- (上接第 157 页)
- [27] 周汉文, 游振东, 钟增球, 等. 粤西云开前寒武基底麻粒岩、紫苏花岗岩放射性元素分布特征与岩石成因讨论[J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 1996, 21(5): 529-535.
- ZHOU H W, YOU Z D, ZHONG Z Q, et al. Radioactive element distribution in the granulites and charnockites of the Precambrian basement of Yunkai, Western Guangdong [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1996, 21(5): 529-535.
- [30] 广东省地质局 723 地质大队. 广东云浮大降坪黄铁矿矿区详细勘探报告[R]. 1965: 1-61.
- The No. 723 Geological Brigade of Guangdong Geological Bureau. Detailed exploration report of the Dajiangping pyrite deposit in Yunfu, Guangdong [R]. 1965: 1-61.
- [31] 化工部地质勘探公司广东地质勘查大队. 广东省云浮市大降坪黄铁矿尖山区段勘探报告[R]. 1993: 1-61.
- Guangdong Geologic Exploration Institute of Chemical Industry. Exploration report of the Jianshan section in Dajiangping pyrite deposit, Yunfu, Guangdong province [R]. 1993: 1-61.
- [32] POURGHAMRANI P, AKHGAR B. Characterization of Structural Changes of Mechanically Activated Natural Pyrite Using XRD Line Profile Analysis [J]. *International Journal of Mineral Processing*, 2015, 134: 23-28.
- [33] 于吉顺, 雷新荣, 张锦化, 等. 矿物 X 射线粉晶鉴定手册[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2011.
- YU S J, LEI X R, ZHANG J H, et al. Mineral X-ray powder identification manual [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2011.
- [34] 廖立兵, 李国武. 粉晶 X 射线衍射在矿物岩石学研究中的应用[J]. *物理*, 2007, 36(6): 460-464.
- LIAO L B, LI G W. Application of powder X-ray diffraction in mineralogy and petrology [J]. *Physics*, 2007, 36(6): 460-464.
- [35] JHA V, SINGH S, VENKATESH A. Invisible Gold Occurrence Within The Quartz Reef Pyrite of Babaikundi Area, North Singhbhum Fold-and-Thrust Belt, Eastern Indian Shield: Evidence from Petrographic, SEM and EPMA Studies [J]. *Ore Geology Reviews*, 2015, 65: 426-432.
- [36] 涂光焱. 地球化学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984.
- TU G C. Geochemistry [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1984.