

地膜与秸秆双重覆盖对渭北苹果园 土壤水分及产量的影响

揣峻峰¹, 谢永生², 索改弟¹, 杨亚利¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 针对渭北果园土壤干燥化、覆盖条件下夏季土壤高温抑制根系生长的问题, 通过将具有高效保水效果的地膜与缓温效应显著的秸秆两种覆盖材料组合, 从保墒、调温及对果树产量影响方面综合评价双重覆盖(地膜压长麦秆覆盖、长麦秆压地膜覆盖、地膜压短麦秆覆盖、地膜压玉米秆覆盖)模式。结果表明, 地膜压短麦秆覆盖相对于其它处理能提高0~600 cm土壤剖面年平均贮水量(1 529.2 mm)及年平均含水量(25.71%), 有利于果树对水分的利用; 地膜压短麦秆覆盖在春季和秋季能提高土壤温度, 夏季降低土壤温度, 具有良好的缓温效应; 不同覆盖处理均能提高果树的产量、单果重和优果率, 其中地膜压短麦秆覆盖单株产量(48 kg)和优果率(85%)最高, 为最佳覆盖模式。

关键词: 双重覆盖; 地膜; 秸秆; 土壤水分; 土壤温度; 苹果园; 产量

中图分类号: S661.1; S604+.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)03-0026-05

Effects of dual mulching of film and straw on soil moisture and apple yield in Weibei Region

CHUAI Jun-feng¹, XIE Yong-sheng², SUO Gai-di², YANG Ya-li¹

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

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: To alleviate the problems of soil desiccation and the growth inhibition of apple roots by high soil temperature under summer mulching condition in apple orchards of Weibei region, film mulching was combined with straw mulching to preserve soil water and buffer high temperature. A comprehensive evaluation was conducted to evaluate four different dual mulching modes such as film over long wheat straw, long wheat straw over film, film over short wheat straw, and film over maize straw, with respect to the aspects of moisture conservation, temperature adjusting and mulching effects on apple yield. Results show mulching treatment of film over short wheat straw, compared with other treatments, increased annually averaged water storage by 1 529.2 mm and annually averaged water content by 25.71% in the 0~600 cm soil profile, which is beneficial to water utilization by fruit trees. The mulching treatment of film over short wheat straw increased soil temperature in spring and autumn but reduced soil temperature in summer, indicating a better effect on buffering soil temperature. All these four mulching treatments showed improvement of apple yield, single fruit weight and optimal fruit rate. The mulching treatment of film over short wheat straw, having the highest single fruit weight (48 kg) and optimal fruit rate (85%), was the best dual mulching mode.

Keywords: dual mulching; film; straw; soil water; soil temperature; apple orchard; yield

陕西渭北地区因其独特的自然地理位置和气候条件, 成为我国唯一完全符合优质苹果生长7项气象指标的地区^[1-2]。苹果产业已成为促进该区域经

济发展、解决“三农”问题、改善生态环境的支柱产业^[3]。长期以来, 由于果园采用传统的清耕管理模式, 导致土壤性状退化, 蓄水保墒能力下降, 果实的

收稿日期: 2013-01-01

基金项目: 国家科技支撑计划项目“农田水土保持关键技术与示范”(2011BAD31B01); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201001036)

作者简介: 揣峻峰(1987—), 男, 硕士研究生, 河北省秦皇岛市人, 研究方向为土壤环境与果园生态环境调控。E-mail: chuajunfeng063@163.com。

通信作者: 谢永生(1960—), 男, 河南省开封市人, 研究员, 主要从事土壤资源环境方面研究。E-mail: ysxie@ms.iswc.ac.cn。

产量和品质难以持续提高^[4]。因此探索新的土壤管理模式,建立良好的果园生态系统,已成为该区域苹果产业优化升级及可持续发展需要重点解决的问题。

地表覆盖技术是改善农田小气候的重要措施之一,不仅具有明显的蓄水保墒、保持水土的功能,还有保护土壤结构、调节地温、抑制杂草等多种作用^[5-9],在生产应用中效果、效益显著,受到世界各国重视,现已成为世界上许多国家和地区广泛采用的土壤管理调控技术之一。随着覆盖材料和技术迅速发展,应用面积不断扩大,为旱地农业持续发展发挥了重大作用。目前我国研究的旱地果园地表覆盖技术有秸秆覆盖、地膜覆盖、砂石覆盖和生草覆盖等。张义等人比较了不同地表覆盖措施(生草处理、地膜覆盖、秸秆覆盖和砂石覆盖)对苹果园土壤水文状况、苹果园土壤性状及果树生长和产量的影响^[10-11],结果表明:地膜覆盖模式保墒、保温效果较好,它能有效地减少土面蒸发,但是夏季高温超过植物根系生长上限温度,不利于植物生长;透气性差,CO₂释放速率较低,土壤微生物活性不高,将影响果树根系生长。秸秆覆盖模式保墒效果一般,但对于土壤热量状况而言,它的调温效果很好,这有利于缓解极端温度对果树的伤害。生草覆盖模式年周期内水分变异程度最小,有利于果园生态系统的稳定生产,但是土壤水分含量以及果树产量相对于其它覆盖措施较低。砂石覆盖果树产量高,水分利用率最高,是一种较为适宜的土壤调控管理方式。存在的问题是深层土壤水分的消耗略大,不适宜长期大面积推广使用。

本文意在通过将秸秆与地膜两种覆盖材料相结合,形成秸秆-地膜双重覆盖模式,以期将秸秆覆盖温度调控效果显著、培肥地力等优点与地膜覆盖保墒效果显著、春季地温回升速度快等优点相结合,分别从双重覆盖模式对土壤水分、地温、产量的调控效应进行综合分析,选择并组建一种新的覆盖调控管理措施,为该区域果业的长期健康可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验在位于陕西省长武县的中国科学院长武农业生态试验站进行。该站海拔 1 200 m,地貌类型为黄土高原南部典型高原沟壑地貌,属暖温带半湿润大陆性季风气候,年均气温 9.1℃,无霜期 171 d,年平均降雨量 578.5 mm,≥10℃活动积温 3 029℃,极

端最高气温 32.4℃,极端最低气温 -19.6℃,年日照时数为 2 230 h,日照率 51%,年辐射总量为 4 837 kJ·cm⁻²。土壤为中壤质黑垆土,田间持水量(θ_v)为 28%~32%。

试验果园建园时间为 2000 年,主栽品种为长枝红富士,株行距 3 m×4 m,南北走向,无灌溉条件。果园内果树生长健壮,树势中庸,管理一般。

1.2 试验设计方法

本试验自 2009 年 4 月布设,共设置 5 个处理,分别为地膜压长麦秆覆盖(I)、长麦秆压地膜覆盖(II)、地膜压短麦秆覆盖(III)、地膜压玉米秆覆盖(IV)、清耕处理(CK)。其中,将清耕处理设为对照。完全随机排列,各试验小区施肥量一致,各小区面积均为 186 m²,树体管理统一按一般方法进行,全部进行套袋生产。

清耕处理为无任何覆盖措施的裸地;地膜选用厚度为 0.015 mm 的无色透明聚乙烯塑料渗水膜;在行间树冠正投影区域覆盖,并于每年 11 月更换地膜,重新铺设;短麦秆长度 5 cm,长麦秆长度为 15 cm,玉米秆长度为 5 cm;长麦秆压地膜覆盖为地膜覆盖之上覆盖 5 cm 厚度长麦秆(铺好后压实麦秆);地膜压长麦秆、地膜压短麦秆、地膜压玉米秆覆盖为 5 cm 厚度麦秆或玉米秆之上覆盖地膜,于每年 11 月适量增加以保证 5 cm 的覆盖厚度(其中麦草每个小区 30 kg,玉米秆每个小区 35 kg)。

土壤水分测定:采用美国 503DR 型中子仪定位测定 6 m 深度范围内的土壤含水量(容积含水量,下同),全园按“S”形路线埋设 15 个 630 cm 长铝制中子管(地表外露 30 cm),其中每试验小区埋设 3 个,于每月 20 日测定,若遇雨雪天气后延。测定 6 m 范围内土壤含水量。分层测定:0~100 cm 区间每 10 cm 测定 1 次,100~600 cm 区间每 20 cm 测定 1 次,每个处理 3 次重复。

土壤温度测定:使用曲管地温计,于 3 月、7 月、11 月 20 日测定土壤 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 处温度。每个处理埋设三枚地温计(在中子管旁),测量后取三个的平均值。

其它数据来源:在果实采收季节,实地调查不同处理的果实产量。大气降水量由中国科学院长武黄土高原农业生态试验站提供。

1.3 数据处理

土壤水分计算公式: $\theta_v = a + b(cnt/std)$,式中: θ_v 为土壤容积百分含量(%); a 、 b 分别为标定方程的截距和斜率; cnt 为中子仪在土壤中测定的原始数据; std 为中子仪在室内标准条件下的标准计数;

cnt/std 为计数比。

土壤贮水量计算公式 $DW = \theta_v \cdot h$, 式中: DW 为土壤贮水量(mm); θ_v 为土壤容积含水量(如不特别指出, 土壤含水量即指土壤容积含量); h 为土壤厚度(mm)。

采用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据处理及绘图, 采用 DPS V3.01 软件进行单因素方差分析(ANOVA)及多重比较(Duncan 法)。

2 结果与分析

2.1 土壤不同覆盖措施下土壤贮水量变化

土壤贮水量的变化, 是土壤内部水分向上蒸散、向下渗透及大气降水共同作用、动态平衡的结

果^[12]。由果园土壤贮水量的动态变化(图 1)可以看出, 各处理土壤贮水量的年变化趋势一致。果园土壤贮水量在年周期内经历两个时期: (1) 春夏失墒期(4—8 月), 此期, 土壤水分储量呈下降趋势。主要由于这个时期内果树生长的需水量增加, 而降雨补偿具有滞后性(该时期前期降水少, 7—8 月份降水没有及时补偿到土壤中), 加之气温升高, 加剧了土壤蒸发和果树蒸腾作用, 耗水增加。(2) 夏秋增墒期(8—11 月), 7—11 月为黄土高原雨季, 该时期平均降水量占全年平均降水量的 78%。而这个时期内的果树需水量降低, 土壤水分蒸发及果树蒸腾作用减小, 土壤水分开始恢复和累积。

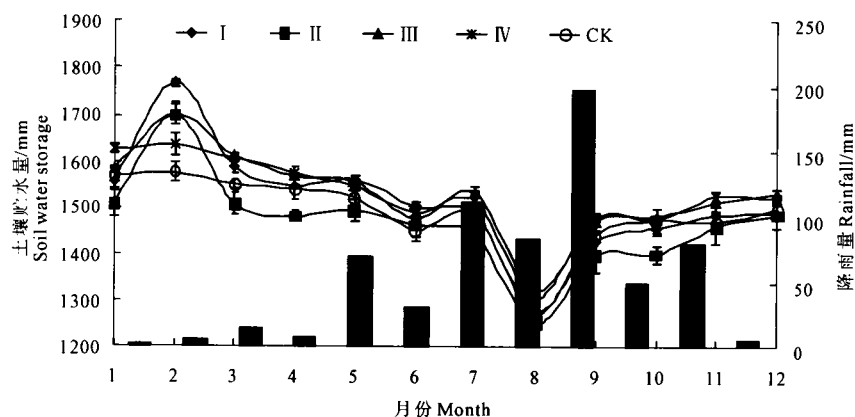


图 1 土壤不同覆盖措施下 0~600 cm 土壤贮水量年变化

Fig.1 Monthly annual variation of rainfall and soil storage within 0~600cm under different mulching modes

注: I: 地膜压长麦秆; II: 长麦秆压地膜; III: 地膜压短麦秆; IV: 地膜压玉米秆; CK: 清耕处理。下同。

Note: I: Film over long wheat straw mulch; II: Long wheat straw over film mulch; III: Film over short wheat straw mulch; IV: Film over maize straw; CK: Clean tillage. Hereinafter the same.

2011 年不同双重覆盖处理措施下果园的平均贮水量, 处理 III (1 529.2 mm) > 处理 IV (1 525.6 mm) > 处理 I (1 512.5 mm) > CK (1 488.0 mm) > 处理 II (1 466.4 mm)。经过 Duncan 新复极差法检验显示, 除处理 II 与 CK 差异不显著外 ($P > 0.05$), 其它覆盖措施土壤贮水率均显著高于 CK 的土壤贮水量 ($P < 0.05$)。地膜压秸秆覆盖措施条件下年平均土壤贮水量显著高于清耕处理, 这是因为地膜覆盖于秸秆之上时, 地膜的保水、降低蒸发的作用与秸秆保水、改善土壤表层物理结构作用相叠加, 雨水对土壤水分的补充作用明显, 从而增加了土壤水分入渗; 而长麦秆压地膜的年平均贮水量略低于清耕处理, 秸秆覆盖于地膜之上时, 秸秆不与土壤直接接触, 不能改善土壤表层物理性状, 秸秆中截留的降水易蒸发, 雨水得不到及时补充, 未能发挥秸秆的保水效应, 同时未发挥秸秆改善土壤结构的作用。

2.2 土壤水分不同覆盖措施下的剖面分布

土壤水分的剖面特征受到土壤剖面特征、土壤质地、土壤表面状况、植被根系及农事活动等多种因素影响^[13-14]。从图 2 中可以看出, 各处理的土壤水分从表层到深层呈增-减-增的变化趋势。在 0~100 cm 剖面内, 受降雨和蒸发的影响, 土壤水分先后经历了增-减剧烈变化。该层对照的土壤含水量显著低于其它各处理 ($P < 0.05$), 主要由于对照清耕处理地表裸露无覆盖, 导致土壤水分蒸散较多。其它各处理间的土壤水分差异不明显 ($P > 0.05$); 在 100~240 cm 范围内, 土壤含水量随土壤深度的增加而降低。该层对照的土壤含水量略高于其它各处理, 但差异不明显 ($P > 0.05$)。主要由于双重覆盖模式可以抑制水分蒸发, 在降水量少的地方有较好的保墒效果, 但同时地膜的使用也阻断了大气和土壤之间的水气交换, 水分只出不进导致水分含量

略低于对照清耕处理;在 240 cm 以下,各处理的土壤含水量变化趋于稳定,各处理间土壤水分含量差异不明显($P < 0.05$)。0~600 cm 剖面各处理各层次的平均含水量在 21%~31%之间波动。剖面平均含水量:处理Ⅲ(25.71%)>处理Ⅳ(25.68%)>处理Ⅰ(25.58%)>处理Ⅱ(25.35%)>CK(24.96%)。

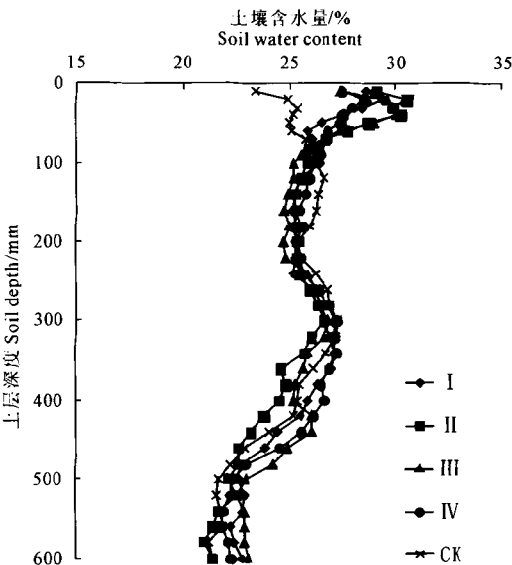


图 2 不同地表覆盖模式下果园 0~6 m 土壤水分空间分布
Fig.2 Space distribution of soil moisture at 0~6 m under different soil surface mulching patterns

2.3 不同地表覆盖模式对果园土壤温度的影响
土壤温度是影响果树根系生长、微生物活性、土壤养分有效性的最重要因素之一。不同覆盖处理下,0~20 cm 土层温度变化明显(表 1):

(1) 在春季(3 月),0~20 cm 各土层的温度除处理Ⅱ略低于对照外,其余 3 个处理 0~20 cm 各土层的温度均高于对照。其中,处理Ⅲ各土层的温度最高,与对照相比 5 cm 土层的土壤温度高 3.0℃,10 cm 土层高 2.5℃,15 cm 土层高 2℃,20 cm 高 2.4℃。可见,除处理Ⅱ外,处理Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ对果园土壤均有保温作用,有利于果树根系的生长以及对养分的吸收利用。春季由于气温低,具有保温作用的管理模式对果树的生长有益,其中处理Ⅲ的地温控温效果最佳,其次为处理Ⅰ和处理Ⅳ。

(2) 夏季(7 月)各覆盖模式下 0~20 cm 土层的平均温度表现为处理Ⅱ(18.1℃)<处理Ⅲ(19.8℃)<CK(20.5℃)<处理Ⅰ(20.6℃)<处理Ⅳ(20.7℃)。在夏季,过高的温度不仅会造成土壤水分的大量蒸散,还会造成对果树的伤害,处理Ⅱ和处理Ⅲ在夏季能降低地表温度,减少土壤水分蒸发,保持根系旺盛生长。

(3) 秋季各种地表覆盖模式 0~20 cm 土层地温的变化不明显。除处理Ⅳ的各土层地温略低于对照,其它 3 个处理的地温略高于对照。

表 1 各处理不同土层土壤温度变化
Table 1 The soil temperature changes of different layers under different mulching modes

土层 Soil layer /cm	处理 Treatment	土壤温度 Soil temperature/℃		
		3 月 Mar.	7 月 July	11 月 Nov.
5	I	13.6	22.2	2.8
	II	9.0	19.8	1.8
	III	14.3	21.7	2.7
	IV	13.2	22.5	0.9
	CK	11.3	22.4	1.6
10	I	13.2	21.7	1.2
	II	8.4	18.2	1.0
	III	13.7	20.2	2.4
	IV	12.6	21.7	0.4
	CK	11.2	21.2	1.0
15	I	10.5	19.2	1.3
	II	7.6	17.8	1.3
	III	11.7	19.2	2.2
	IV	10.7	20.1	0.7
	CK	9.7	19.8	1.0
20	I	9.6	19.3	1.5
	II	6.8	16.7	1.9
	III	10.2	18.2	1.8
	IV	8.9	18.7	0.1
	CK	7.8	18.7	0.6

土壤不同地表覆盖模式在不同季节对地温的影响差异较大。理想的土壤地表覆盖模式是能够对果园土壤热量的吸收和损耗都具有缓冲的作用,降低极端温度数值,减轻土壤极端温度对果树的危害。综合分析,处理Ⅲ春季和秋季能提高土壤温度,夏季降低土壤温度,具有降温 and 增温的双重效应。

2.4 不同地表覆盖模式对果树产量的影响

由表 2 可以看出,不同覆盖处理均能提高果树的产量、单果重和优果率,其中地膜压短麦秆覆盖处理单果重可达 218.8 g,比对照(清耕处理)高 17.9%;单株产量 48.0 kg,比对照高 42%;优果率达 85%,比对照高 51.8%。同时地膜压短麦秆覆盖处理相比其它覆盖处理也有明显的优势,其主要原因是地膜压秸秆处理,短麦秆(5 cm)相对于长麦秆(15 cm)和玉米秆(5 cm)经过夏季高温高湿的条件,更易腐殖化,改善土壤表层物理结构,同时增加土壤养分,增产效果更明显;而长麦秆压地膜处理,秸秆覆

盖于地膜之上时,秸秆不与土壤直接接触,不能改善土壤表层物理性状,增产效果不明显。因此无论从单果重、单株产量还是优果率来讲,地膜压短麦秆覆盖处理都是最佳的覆盖模式。

表 2 不同覆盖处理下果树产量和优果率的变化

Table 2 The yield and rate of optimal fruit rate under different mulching modes

处理 Treatment	单果重 Individual weight /g	单株产量 Yield of per plant /kg	优果率 Excellent fruit /%
I	203.1ab	44.0B	76
II	203.8ab	45.4B	63
III	218.8a	48.0A	85
IV	198.5ab	34.8C	68
CK	185.5b	33.8C	56

注:2011 年苹果成熟期间,果树经历了一场大范围的冰雹袭击,对其优果率有影响。

Note: A large range of hail have effect on its excellet fruit rate during apple fruit ripening in 2011.

3 结 论

本研究从地膜和秸秆双重覆盖模式对土壤水分、地温、产量的调控效应进行综合分析,结果显示:

(1) 0~600 cm 土层范围内土壤贮水量在年周期内经历春夏失墒期和夏秋增墒期两个时期。一年中,夏季土壤贮水量最低,冬季土壤贮水量最高。地膜压短麦秆覆盖土壤年平均贮水量最高(1 529.2 mm),能够有效地减少地表蒸发,有利于保蓄水分、稳定土壤水分含量。

(2) 土壤剖面水分空间分布随土壤深度的增加呈现出“增-减-增”变化趋势。双重覆盖模式能提高 0~600 cm 土层剖面的土壤含水量,但随土层深度加深,作用逐渐减弱。

(3) 长麦秆压地膜夏季能降低土壤表层温度,但春季和秋季增温效果不明显;地膜压长麦秆和地

膜压玉米秆处理春季能增加地表温度,但夏季温度高于清耕处理;地膜压短麦秆春季和秋季能提高土壤温度,夏季降低土壤温度,具有降温和增温的双重效应。

(4) 不同覆盖处理均能提高果树的产量、单果重和优果率,其中地膜压短麦秆覆盖单株产量(48 kg)和优果率(85%)最高,为最佳覆盖模式。

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.
- [2] 李会科,郑秋玲,赵政阳,等.黄土高原果园种植牧草根特征的研究[J].草业学报,2008,17(2):92-96.
- [3] 赵政阳,戴 军,王雷存.陕西省苹果产业现状及国家竞争力分析[J].西北农业学报,2002,11(4):108-111.
- [4] 李会科,赵政阳,张广军.果园生草的理论与实践——以黄土高原南部苹果园生草实践为例[J].草业科学,2005,22(8):32-37.
- [5] 周凌云,周刘宗,徐梦雄.农田秸秆覆盖节水效应研究[J].生态农业研究,1996,4(3):49-52.
- [6] 王有宁,王荣堂,董秀荣.地膜覆盖作物农田光温效应研究[J].中国生态农业学报,2004,12(3):134-136.
- [7] 陈素英,张喜英,刘孟雨.玉米秸秆覆盖麦田下的土壤温度和土壤水分动态规律[J].中国农业气象,2002,23(4):34-37.
- [8] 卜玉山,苗果园,周乃健,等.秸秆与地膜覆盖玉米农田土壤水分时空动态变化——兼评回归等值线法的应用[J].土壤学报,2004,41:795-802.
- [9] 王 俊,李凤民,宋秋华,等.地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J].应用生态学报,2003,14:205-210.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 张 静,常庆瑞.渭北黄土高原不同林型植被对土壤肥力的影响[J].水土保持通报,2006,26(3):26-28,62.
- [13] 牛 赞,敬文茂.祁连山北坡主要植被下土壤异质性研究[J].水土保持研究,2008,15(4):258-260,263.
- [14] 杨文治,邵明安.黄土高原土壤水分研究[M].北京:科学出版社,2000:87-114.

(上接第 12 页)

- [5] 侯庆春,韩蕊莲.黄土高原植被建设中的有关问题[J].水土保持通报,2000,20(2):53-56.
- [6] 中国科学院地学部.西部大开发中的生态环境建设和产业结构调整咨询[J].地球科学进展,2001,16(1):1-4.
- [7] 唐克丽.中国水土保持[M].北京:科学出版社,2004:9-15.
- [8] 孙习稳,李晓妹.水土流失是我国最严重的公害[J].国土与自然资源研究,2002,(4):36-38.
- [9] Fryrear D W, Lyles L. Wind erosion research accomplishments and

needs[J]. Transactions of the ASAE, 1997,20(5):916-918.

- [10] Edwards W M. Tillage studies with a corn-soybean rotation: drologic and sedinent loss[J]. Sci Soc Am J,1993,57(4):1051-1055.
- [11] Baumhardt R L, Jones O R. Residue management and tillage effects on soil - water storage and grain yield of dryland wheat and sorghum for a clay loam in Texas[J]. Soil & Tillage Research,2002,68:71-72.
- [12] 王生鑫,王 立,黄高宝,等.粮草豆隔带种植保护性耕作对坡耕地土壤水蚀的影响[J].水土保持学报,2010,24(4):40-43.