

# 保护性耕作对农田地表径流与土壤水蚀影响的试验研究\*

王晓燕<sup>①</sup> 高焕文 李洪文 周兴祥

(中国农业大学)

**摘要:**在黄土坡地建立天然降雨径流小区,采用翻斗式自动测试系统同步动态地监测降雨—径流的过程,试验研究了保护性耕作农田水土保持的效果和耕作、覆盖及压实 3 种因素对农田水土流失的影响。2 年的试验表明,雨强和雨型与坡地水土流失密切相关,在暴雨情况下,由秸秆覆盖与少免耕相结合的保护性耕作具有明显的保持水土作用;采用少免耕而无秸秆覆盖配合的情况下,水土流失甚至高于传统翻耕。在试验的 6 种处理中,免耕覆盖不压实的保水保土效果最佳,相对传统翻耕年径流量减少 52.5%,年土壤流失量减少 80.2%。在覆盖、压实及耕作 3 因素中,秸秆覆盖对保持水土的作用最大,可减少年径流量 47.3%,减少年土壤水蚀 77.6%;压实次之,地表耕作的影响较小。

**关键词:**保护性耕作;径流监测;水土流失

水土流失是导致黄土高原旱地农业难以持续发展的重要因素,地表径流是土壤流失的主要驱动力之一。如何改进旱地农业体系,研究保水护土的耕作措施,减少农田水土流失,充分利用有限的降水资源。保护性耕作技术是解决这一问题的有效方法。

中澳合作项目“可持续机械化旱作农业研究”在山西省的黄土坡地上建立了天然降雨径流试验区,使用翻斗式(Tipping Bucket)径流测试系统及微型自动气象仪等先进仪器,对降雨及径流过程进行同步动态监测,并测定土壤水蚀量,定位研究保护性耕作措施控制农田水土流失的机理,本文是该项研究的部分成果。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试区自然条件

试区位于山西省晋中中山地区的寿阳县,东经 113°12',北纬 37°45',海拔 1 000~1 200 m。属半干旱大陆性季风气候,全年无霜期平均为 130 d 左右,年平均气温 7.4℃,年降水量为 518.3 mm,年蒸发量为 1 675 mm。降水量年际变化较大,1956~1978 年的 22 年中最高值达 812.2 mm,最低值为 235.5 mm;雨量年内分布亦不均匀,集中在 7、8、9 三个

月,占全年降水量的 62.9%;而且多有强度大历时短的暴雨,全县水土流失面积占耕地总面积的 58%,土壤侵蚀模数为 20~40 t/(hm<sup>2</sup>·a)(寿阳县土壤普查办公室,寿阳土壤,1983)。

该地区是大面积的一年一熟春玉米种植区。供试土壤为黄土母质的淡褐土,土体深厚,一般十几米,有的可达几十米,质地均匀,耕作层质地为轻壤,中下层为轻壤—中壤。

### 1.2 试验设计

径流试验区坡度 5%,每小区面积 20 m×5.6 m,种植 8 行春玉米。试验设 6 种处理:

- 1) 免耕覆盖不压实(NTCN):秋季收获后将秸秆粉碎留在地表,春季免耕播种;
- 2) 免耕覆盖压实(NTCC):收获后将秸秆粉碎留在地表,用铁牛—55 拖拉机压实土壤,春季免耕播种;
- 3) 免耕不覆盖压实(NTNC):收获后移走秸秆,用铁牛—55 拖拉机压实土壤,春季免耕播种;
- 4) 浅松不覆盖不压实(STNN):收获后移走秸秆,春季播种前浅松,松土深度 5 cm;
- 5) 浅松覆盖不压实(STCN):收获后将秸秆粉碎留在地表,春季播种前浅松,松土深度 5 cm;
- 6) 传统翻耕(CK):收获后移走秸秆,用铧式犁翻耕并耙地,春季耙地播种。

### 1.3 仪器与方法

试区安装了全套的降雨—径流自动测试系统,包括 Tipping Bucket 径流测试系统和自记雨量计,监测降雨与径流的动态过程,提供小步长的降雨径流同步数据。小型自动气象站可以实时采集降雨、气

收稿日期:2000-03-07

\* 中国—澳大利亚合作项目“ACIAR 96/143 可持续机械化旱作农业研究”

<sup>①</sup>王晓燕,女,1964 年 10 月出生于北京市海淀区清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)46 信箱,100083

温、湿度、风向、风速、日照辐射等数据,另设普通雨量筒作参照。

Tipping Bucket 是一个偏心翻斗设备,当翻斗中的水达到标定容量时就会翻转。在翻斗的中心转轴两侧和翻斗架上,装有一对磁力簧片传感器,由一磁铁和一干簧管组成,当二者有相对运动,干簧管相应地在与之相通的数据采集电路中产生数字脉冲,此脉冲经过滤波、放大、计数等处理,与信号发生时的时间一起存入数据采集仪的 RAM 中,然后用数据读取软件读入计算机(图 1)。采集到的数据用数据分析软件及翻斗标定方程进行计算分析,将翻转次数转化为径流和降雨的深度及强度,并可分别按照降雨日、降雨事件或指定时段等进行分析,输出降雨及径流的特征,并绘制过程曲线。测试系统的运行流程如图 2。

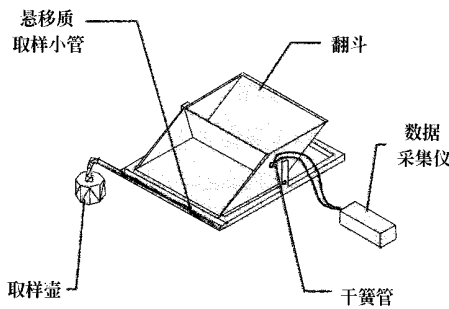


图 1 Tipping Bucket 系统简图

Fig. 1 Structure of Tipping Bucket

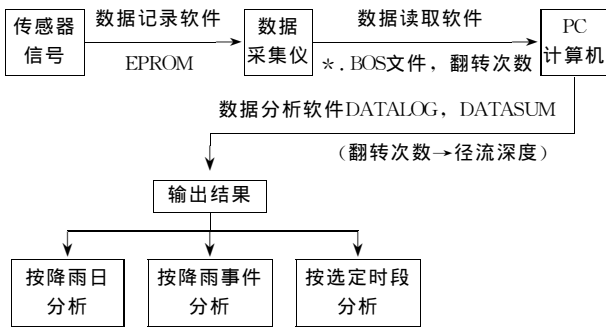


图 2 测试系统工作流程

Fig. 2 Flowchart of the Tipping Bucket measurement system

土壤流失的测试分 2 部分:每一小区的末端最低点设有沉淀池,径流首先经过沉淀,将大部分较大的泥沙颗粒沉淀下来,即为推移质;然后流入 Tipping Bucket 系统,翻斗架上装有一个带孔的小管(图 1),按一定比例取径流水样,存入取样壶中,用过滤烘干的方法测定悬移质浓度,算出悬移质总

量。推移质总量与悬移质总量之和即为总的土壤流失量<sup>[2]</sup>。

## 2 试验结果分析

### 2.1 年径流量

1998 年 6 月至 10 月共降雨 225.3 mm,气候干旱且降雨分散,径流量很小,免耕不覆盖压实处理只有 8.4 mm。1999 年同期降雨 274.4 mm,但降雨比较集中,尤其是 8 月 18 日晚降雨 44.0 mm,瞬时降雨强度达 114.9 mm/h,最大 60 min 连续雨量占本次降雨总量的 88%,造成严重的水土流失。降雨强度和雨型是影响黄土高原地区水土流失的重要因素。

从 1999 年的数据分析,免耕覆盖不压实处理比传统翻耕相对减少径流量 52.5%;浅松覆盖不压实比传统处理减少径流 40%。可见,在暴雨情况下,由秸秆覆盖与少免耕相结合的保护性耕作可明显地减缓水土流失。但如果缺少秸秆覆盖,采用少免耕却比传统翻耕的径流量大,若机具对土壤造成压实,则径流更严重,如 STNN 比 CK 的径流量增加 14%,NTNC 比 CK 的径流量高 44%。分析覆盖、耕作和压实 3 个因素的作用如下:

1) 有覆盖的 3 种处理明显比无覆盖的 3 种处理径流量少。在浅松不压实的条件下,覆盖处理(STCN)比无覆盖处理(STNN)的径流量相对减少 47.3%;免耕压实条件下,有覆盖(NTCC)比无覆盖(NTNC)径流量相对减少 47.3%。

2) 在免耕覆盖条件下分析压实因素的影响,非压实处理(NTCN)比压实处理(NTCC)的径流量少 37.7%。

3) 在覆盖不压实条件下分析耕作因素的影响,免耕处理(NTCN)比浅松处理(STCN)的径流量减少 21.3%。初步分析,浅松作业在疏松表层土壤的同时减少了地表覆盖率,使其比免耕处理的径流量大。

3 种因素中秸秆覆盖对径流的影响最大,压实次之,地表耕作的作用较小。增加覆盖量和减少机具对土壤的压实是减缓坡地水土流失的有力手段。保护性耕作应是少免耕与秸秆覆盖的有机配合,才能发挥作用;若没有覆盖,少免耕比传统翻耕的径流量大。

### 2.2 年土壤流失量

1998 年降雨分散,土壤水蚀量几乎为零;而

1999年的暴雨造成了严重的土壤流失,免耕不覆盖压实的土壤水蚀量达 $11.3\text{ t/hm}^2$ ,几乎为寿阳县土壤侵蚀模数的50%;传统翻耕的土壤水蚀量 $7.3\text{ t/hm}^2$ ,而免耕覆盖不压实的土壤水蚀量为 $1.5\text{ t/hm}^2$ ,比传统耕作减少80.2%。暴雨对农田的冲蚀不容忽视,而保护性耕作有明显的保土效果。

3种试验因素中,秸秆覆盖对土壤水蚀量的影

响最大,压实次之,耕作影响最小,类似于对径流量的影响。覆盖处理比不覆盖处理土壤水蚀减少77.6%,非压实处理比压实处理减少61.4%,免耕比浅松减少36.5%。

### 2.3 降雨—径流过程分析

选择1999年8月17日至18日的暴雨进行分析,降雨及径流情况如表1。

表1 主要侵蚀性降雨总结(1999-08-17~08-18)

Tab.1 Summary of main erosive rainfall (Aug. 17 to 18, 1999)

日期 /月-日	降雨开始时间	降雨停止时间	降雨量/mm	I60*/mm	最大瞬时雨强 /mm·h <sup>-1</sup>	径流量/mm					
						NTCN	NTCC	NTNC	CK	STCN	STNN
08-17	08-18 2:53	08-18 7:47	39.8	18.3	76.2	1.1	5.2	12.8	6.8	3.7	9.3
08-18	08-18 18:56	08-18 21:52	44.0	38.6	114.9	17.7	24.7	38.4	30.5	20.0	34.4
	08-19 2:22	08-19 6:03	13.8								

\* I60指最大的60 min连续降雨量。

如表1,8月17日降雨39.8 mm,18日晚至19日晨又降暴雨57.8 mm,瞬时降雨强度达 $114.9\text{ mm/h}$ ,最大60 min连续雨量占本次降雨总量的88%,属于强烈侵蚀暴雨<sup>[2]</sup>。该次暴雨使得免耕不覆盖压实的径流系数达66.5%;传统翻耕的径流系数为52.7%;免耕覆盖不压实处理径流系数为30.6%。根据寿阳县的降雨记录,在33年中,>40 mm/d的暴雨有39次,>50 mm/d的暴雨有15次,>100 mm/d的降雨有2次。在这种气象条件下,采用保护性耕作可以减少水土流失的风险。

下面以8月18日傍晚的暴雨高峰为例,分析3个因素对于径流过程的影响。该次降雨及径流的过程特征总结如表2。

表2 降雨及径流特征(1999-08-18晚)

Tab.2 Summary of event rainfall and runoff characteristics (night, Aug. 18, 1999)

	降雨 时间 及强度	径流			
		NTCN	NTCC	STCN	STNN
总量/mm	44	17.2	23.6	19.2	31.1
开始径流的时间	18:56	19:18	19:16	19:16	19:12
达到峰值的时间	19:14	19:26	19:25	19:27	19:24
最大径流强度/mm·h <sup>-1</sup>	114.9	71.3	80.8	72.6	88.1

分析开始径流的时间,在这场暴雨中,NTCN,NTCC,STCN明显比STNN晚4~6 min,说明秸秆具有明显的迟滞作用,而耕作与压实对起流时间影响不大,从最大径流强度来分析,无覆盖处理(STNN)的最大,压实(NTCC)次之,STCN与

NTCN相差不多。

在试验处理中,免耕覆盖不压实处理开始径流最晚,径流强度最小,保水保土效果最好。秸秆能够增加地表的糙率,阻延流速;可以防止击溅,减缓地表结壳;可以减少冲刷,具有明显的防蚀效应。免耕条件下地表土壤结构未受扰动,上下孔隙结构贯通;与秸秆配合,地表不易结壳,积蓄水的能力较强<sup>[3]</sup>。秸秆覆盖和免耕配合可以延缓径流,减少径流强度。

### 3 结论与建议

1) 旱坡地水土流失与雨强和雨型有密切关系。在降雨分散时,无论是否采用保护性耕作,缓坡地上的地表径流都不大;暴雨下的水土流失比较严重,由秸秆覆盖与少免耕相结合的保护性耕作明显地具有减缓水土流失的效果。1999年的数据表明,免耕覆盖比传统翻耕相对减少径流量52.5%,减少土壤流失量80.2%。

2) 在覆盖、压实及耕作3因素中,覆盖对防止水土流失的作用最大,可减少径流47.3%,减少土壤水蚀77.6%;压实次之,耕作的影响较小。没有秸秆覆盖配合,采用少免耕比传统翻耕的水土流失量大,若在作业过程中机具对土壤造成压实,则径流更严重。

3) 在试验的6种处理中,免耕覆盖不压实开始径流最晚,径流强度最小,径流量最少,保水保土效果最好。秸秆覆盖和免耕可以延缓径流,减小径流强度。增加秸秆覆盖量和减少土壤压实是减少坡地水土流失的有效措施。

4) 浅松作业虽能疏松表层土壤,同时又减少地表覆盖率,这种耕作与覆盖交互作用,使其对水土流失的影响较小,还需要进一步研究。

#### [参 考 文 献]

[1] Ciesiolka C A, Coughlan K J, et al. Methodology for

a multi-country study of soil erosion management. *Soil Technology*, 1995, 8:179~192

[2] 焦菊英等. 黄土高原不同类型暴雨的降水侵蚀特征. *干旱区资源与环境*, 1999, 1: 34~41

[3] 李新举等. 免耕对土壤生态环境的影响. *山东农业大学学报*, 1998, 4: 520~526

## Experimental Study on Runoff and Erosion Under Conservative Tillage

Wang Xiaoyan Gao Huanwen Li Hongwen Zhou Xingxiang

(China Agricultural University, Beijing 100083)

**Abstract:** A field experiment was conducted on loess farmland in Northwest China to test different conservative tillage systems, and to compare them with conventional moldboard plough practice (CK) in terms of their effects on runoff and soil erosion. The effects of tillage, covering and compaction on runoff and erosion were also studied. Six treatments were laid out with tipping buckets and electronic data loggers that measured the rates of rainfall and runoff synchronously as a function of time. Total soil loss, divided into bed load and suspended load, was measured annually. Results of two years showed that slope runoff and erosion were highly dominated by rainfall pattern or rainfall intensity. Under heavy storms, conservative tillage, which features more residue cover and less soil disturbance, could remarkably reduce runoff and erosion compared to CK; while without residue cover, no tillage or minimum tillage could produce more runoff and erosion than CK. Among the six treatments No-tillage with residue Cover and No Compaction (NTCN) was the best one in terms of soil and water conservation. It was able to reduce runoff by 52.5% and erosion by 80.2% compared to CK. Residue cover is more efficient for soil and water conservation, which was able to reduce runoff by 47.3% and erosion by 7.6%. Compaction also had considerable impact on runoff and erosion, while the effect of surface tillage was not so obvious since it reduced residue cover while loosening surface soil.

**Key words:** conservative tillage; runoff monitoring; soil & water erosion

作者: [王晓燕](#), [高焕文](#), [李洪文](#), [周兴祥](#), [Wang Xiaoyan](#), [Gao Huanwen](#), [Li Hongwen](#),  
[Zhou Xingxiang](#)  
作者单位: [中国农业大学](#)  
刊名: [农业工程学报](#) ISTIC EI PKU  
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING](#)  
年, 卷(期): 2000, 16(3)  
被引用次数: 77次

## 参考文献(3条)

1. [Ciesiolka C A](#); [Coughlan K J](#) [Methodology for a multi-country study of soil erosion management](#) 1995
2. [焦菊英](#) [黄土高原不同类型暴雨的降水侵蚀特征](#) 1999
3. [李新举](#) [免耕对土壤生态环境的影响](#) 1998

## 引证文献(85条)

1. [常旭虹](#), [赵广才](#), [杨玉双](#), [丰明](#), [马少康](#), [王德梅](#), [毕玉强](#), [杨素荣](#) [我国农牧交错区耕作方式与施氮量对小麦氮素利用的影响](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2013(4)
2. [常旭虹](#), [赵广才](#), [杨玉双](#), [丰明](#), [马少康](#), [王德梅](#), [毕玉强](#) [农牧交错区耕作方式对土壤性质及小麦氮素利用的影响](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 2013(8)
3. [彭建](#), [卢建文](#), [王丹英](#), [徐春梅](#), [韩博](#), [陶龙兴](#), [章秀福](#), [符冠富](#) [冬季保护性耕作对后茬水稻产量和品质的影响](#)[期刊论文]-[江苏农业学报](#) 2009(5)
4. [符冠富](#), [王丹英](#), [徐春梅](#), [彭建](#), [韩博](#), [陶龙兴](#), [章秀福](#) [稻田冬季保护性耕作条件下的土壤酶活性与水稻成熟叶片衰老和籽粒产量之间的关系](#)[期刊论文]-[中国水稻科学](#) 2009(1)
5. [符冠富](#), [王丹英](#), [徐春梅](#), [彭建](#), [韩博](#), [陶龙兴](#), [章秀福](#) [稻田冬季保护性耕作对土壤酶活性以及稻米品质的影响](#)[期刊论文]-[植物营养与肥科学报](#) 2009(3)
6. [吴金芝](#), [黄明](#), [李友军](#), [陈明灿](#), [姚宇卿](#), [郭大勇](#), [黄海霞](#) [不同耕作方式对冬小麦光合作用产量和水分利用效率的影响](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2008(5)
7. [张云兰](#), [王龙昌](#), [邹聪明](#), [胡小东](#), [何遂](#), [朱建国](#) [保护性耕作对小麦生长和水分利用效率的影响](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2010(2)
8. [温美丽](#), [刘宝元](#), [叶芝茜](#), [付金生](#) [免耕与土壤侵蚀研究进展](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2006(3)
9. [王晓燕](#), [高焕文](#), [李洪文](#) [旱地保护性耕作地表径流和土壤水平衡模型](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2003(3)
10. [张燕](#), [彭补拙](#), [高翔](#), [唐翔宇](#), [杨浩](#) [人类干扰对土壤侵蚀及土壤质量的影响——以苏南宜兴低山丘陵区为例](#)[期刊论文]-[地理科学](#) 2002(3)
11. [吴海燕](#), [金荣德](#), [范作伟](#), [高星爱](#), [张余莽](#), [赵兰坡](#) [东北黑土区不同耕作方式土壤养分与酶活性的时空变化](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#) 2009(6)
12. [潘慧](#), [刘永贤](#), [吴平](#), [罗凤月](#) [烟地红高粱免耕栽培技术](#)[期刊论文]-[现代农业科技](#) 2009(8)
13. [康轩](#), [黄景](#), [吕巨智](#), [银秋玲](#), [梁和](#), [雷振甜](#), [李仍云](#) [保护性耕作对土壤养分及有机碳库的影响](#)[期刊论文]-[生态环境学报](#) 2009(6)
14. [王庆杰](#), [李洪文](#), [奚佳有](#), [张旭](#), [尤晓东](#), [张洪涛](#) [垄作区几种保护性耕作种植模式研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)

2009(7)

15. [王庆杰](#), [李洪文](#), [徐迪娟](#), [张喜瑞](#), [于丽颖](#) [新型玉米垄作免耕播种机的研究与试验](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2008(6)
16. [牛伊宁](#), [沈禹颖](#), [高崇岳](#), [K. Y. Chan](#), [南志标](#) [覆盖和耕作对黄土高原冬小麦土壤入渗特性的影响](#)[期刊论文]-[山地学报](#) 2006(1)
17. [张雪梅](#), [付晓](#), [吕开宇](#) [四川省深松整地作业应用现状及其未来](#)[期刊论文]-[农业环境与发展](#) 2013(1)
18. [李丽霞](#), [郝明德](#), [李鹏](#), [李仲谨](#) [模拟降雨条件下不同材料覆盖对水分入渗特征的影响](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2004(3)
19. [贾树龙](#), [孟春香](#), [张执欣](#) [保护性耕作在河北省的区域适应性](#)[期刊论文]-[华北农学报](#) 2003(z1)
20. [王世学](#), [高焕文](#), [李洪文](#) [冷寒风沙区保护性耕作种植试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003(3)
21. [王辉](#), [王全九](#), [邵明安](#), [李裕元](#) [翻耕与压实对坡地土壤溶质迁移过程的影响](#)[期刊论文]-[中国水土保持科学](#) 2008(6)
22. [何进](#), [李洪文](#), [高焕文](#) [中国北方保护性耕作条件下深松效应与经济效益研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006(10)
23. [徐泰平](#), [朱波](#), [汪涛](#), [况福虹](#) [秸秆还田对紫色土坡耕地养分流失的影响](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#) 2006(1)
24. [王晓燕](#), [高焕文](#), [杜兵](#), [毛宁](#) [保护性耕作的不同因素对降雨入渗的影响](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2001(6)
25. [柯英](#), [马献军](#), [武东波](#), [李建军](#), [罗健航](#), [张学军](#) [冬小麦免耕复种油菜技术研究](#)[期刊论文]-[宁夏农林科技](#) 2012(8)
26. [张瑞宏](#), [王明友](#), [缪宏](#), [高晓宏](#) [水耕麦和条耕稻秸秆还田技术与装备](#)[期刊论文]-[农业工程技术·新能源产业](#) 2011(z1)
27. [李恩尧](#), [邱亚群](#), [彭佩钦](#), [侯红波](#), [李裕元](#), [任可爱](#) [洞庭湖红壤坡地玉米生态拦截技术对产量和径流氮磷的影响](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2011(9)
28. [孙建](#), [刘苗](#), [李立军](#), [刘景辉](#), [KENNETH Dean Sayre](#) [不同耕作方式对内蒙古旱作农田土壤侵蚀的影响](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2010(3)
29. [杨勤](#), [刘永红](#), [柯国华](#), [何文铸](#), [高强](#) [坡耕地麦玉薯三熟保护性耕作水土保持效应的研究](#)[期刊论文]-[西南农业学报](#) 2008(2)
30. [苏刘根](#), [张继东](#) [旱地保护性耕作技术在南疆地区的应用](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2007(6)
31. [辛艳](#), [王瑄](#), [邱野](#), [徐璐](#), [刘宇](#) [坡耕地不同耕作模式下土壤养分流失特征研究](#)[期刊论文]-[沈阳农业大学学报](#) 2012(3)
32. [李霞](#), [陶梅](#), [肖波](#), [王庆海](#), [陈建平](#) [免耕和草篱措施对径流中典型农业面源污染物的去除效果](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#) 2011(6)
33. [阳利永](#), [吴利](#), [渠甲源](#) [土地可持续管理视角下的农业旱灾脆弱性研究](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2011(20)
34. [王微](#), [邱立春](#) [深松部件对深松作业质量影响的试验分析](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2011(1)
35. [牛新湘](#), [马兴旺](#), [汪玉河](#), [巴吾东](#), [依明尼牙孜](#), [艾则孜](#), [马雪琴](#), [马海刚](#), [赵立朴](#) [南疆玉米茬地免耕播种小麦的表土作业技术研究](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2009(22)
36. [王微](#), [邱立春](#) [深松部件对深松作业质量影响的试验分析](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2011(1)
37. [刘向新](#), [周亚立](#), [何磊](#), [赵岩](#), [闫向辉](#), [李生军](#) [保护性耕作技术及其机具在新疆的推广应用](#)[期刊论文]-[安徽农业](#)

科学 2012(3)

38. [韦泽秀](#), [徐友伟](#), [曾兴权](#), [侯亚红](#), [刘国一](#), [金涛](#) [土壤呼吸及影响因子对耕作方式的响应](#)[期刊论文]-[西藏科技](#) 2013(7)
39. [李雷权](#), [梁引库](#), [傅明星](#) [汉中非点源污染现状及其防治措施](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2008(2)
40. [贾树龙](#), [孟春香](#), [杨云马](#) [河北省保护耕作的区域战略与技术需求分析](#)[期刊论文]-[河北农业科学](#) 2005(4)
41. [高焕文](#), [李问盈](#), [李洪文](#) [中国特色保护性耕作技术](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003(3)
42. [赵刚](#), [张天柱](#), [陈吉宁](#) [用AGNPS模型对农田侵蚀控制方案的模拟](#)[期刊论文]-[清华大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(5)
43. [杨爱峥](#), [魏永霞](#), [张忠学](#), [张宝丽](#), [齐智娟](#) [坡耕地综合治理技术模式的蓄水保土及增产效应](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(11)
44. [杨以翠](#) [坡耕地养分流失研究进展](#)[期刊论文]-[企业科技与发展](#) 2010(2)
45. [侯越](#) [农业非点源污染的危害与防治措施](#)[期刊论文]-[水资源与水工程学报](#) 2008(4)
46. [吴明亮](#), [官春云](#), [汤楚宙](#), [陈社员](#), [罗海峰](#), [王国槐](#), [谢方平](#), [李梅](#), [杨文敏](#) [2BYF-6型油菜免耕直播联合播种机田间试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(11)
47. [肖波](#), [喻定芳](#), [赵梅](#), [王庆海](#), [申小波](#) [保护性耕作与等高草篱防治坡耕地水土及氮磷流失研究](#)[期刊论文]-[中国生态农业学报](#) 2013(3)
48. [王云](#) [控制红壤旱坡地养分径流流失的几种途径](#)[期刊论文]-[广东科技](#) 2013(16)
49. [张星杰](#), [刘景辉](#), [李立军](#), [王智功](#), [王林](#), [苏顺和](#) [保护性耕作对旱作玉米土壤微生物和酶活性的影响](#)[期刊论文]-[玉米科学](#) 2008(1)
50. [李裕元](#), [邵明安](#) [土壤翻耕对坡地水分转化与产流产沙特征的影响](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003(1)
51. [何文清](#), [赵彩霞](#), [隋鹏](#), [高旺盛](#), [严昌荣](#) [农牧交错带地区发展保护性耕作的意义与前景](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2006(4)
52. [杨爱民](#), [刘孝盈](#) [发展保护性耕作技术有效防治耕地土壤侵蚀](#)[期刊论文]-[中国水土保持科学](#) 2010(6)
53. [杨爱民](#), [刘孝盈](#) [发展保护性耕作技术有效防治耕地土壤侵蚀](#)[期刊论文]-[中国水土保持科学](#) 2010(6)
54. [郭智](#), [周炜](#), [陈留根](#), [郑建初](#) [稻秸还田对稻麦两熟农田麦季养分径流流失的影响](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#) 2011(4)
55. [仓恒瑾](#), [许炼峰](#), [李志安](#), [任海](#) [农业非点源污染控制中的最佳管理措施及其发展趋势](#)[期刊论文]-[生态科学](#) 2005(2)
56. [和继军](#), [蔡强国](#), [路炳军](#), [王学强](#) [密云水库上游石匣小流域水土流失综合治理措施研究](#)[期刊论文]-[自然资源学报](#) 2008(3)
57. [刘建忠](#), [韩德军](#), [顾再柯](#), [张科利](#) [贵州喀斯特地区坡耕地现状及整改策略](#)[期刊论文]-[水土保持应用技术](#) 2007(5)
58. [王兆卫](#) [小杂粮免耕播种机研究](#)[学位论文]硕士 2005
59. [鲁向晖](#), [隋艳艳](#), [王飞](#), [穆兴民](#) [保护性耕作技术对农田环境的影响研究](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2007(3)
60. [段亮](#), [段增强](#), [夏四清](#) [农田氮、磷向水体迁移原因及对策](#)[期刊论文]-[中国土壤与肥料](#) 2007(4)
61. [蒋金琳](#) [玉米免耕播种机切茬挖茬装置研究](#)[学位论文]博士 2004
62. [陈炎辉](#), [陈文祥](#), [王果](#), [陈明华](#), [杨舜成](#), [柴鹏](#) [不同污泥施用方式下赤红壤坡地水土流失的特征](#)[期刊论文]-[福建](#)

63. [马月存](#), [秦红灵](#), [高旺盛](#), [陈源泉](#), [李向东](#), [隋鹏](#), [黄凤球](#) [农牧交错带不同耕作方式土壤水分动态变化特征](#)[期刊论文]-[生态学报](#) 2007(6)
64. [朱杰](#) [直播稻田土壤耕作深度和秸秆还田的生态效应研究](#)[学位论文]硕士 2006
65. [向达兵](#), [雍太文](#), [杨文钰](#), [于晓波](#), [郭凯](#) [不同种植模式对西南坡地水土保持及作物产值的影响](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2010(6)
66. [李裕元](#), [邵明安](#), [郑纪勇](#), [李秋芳](#), [张兴昌](#) [降雨强度对黄绵土坡地磷流失特征影响试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(4)
67. [刘爱民](#) [论农业部保护性耕作项目在我省的实施管理](#)[学位论文]硕士 2004
68. [李媛媛](#), [陈源泉](#), [杨光立](#), [肖小平](#), [汤文光](#), [唐海明](#), [隋鹏](#), [高旺盛](#) [南方稻田保护性耕作模式的技术特征值及其量化分析—以湖南双季稻区为例](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2011(7)
69. [王全九](#), [王力](#), [李世清](#) [坡地土壤养分迁移与流失影响因素研究进展](#)[期刊论文]-[西北农林科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2007(12)
70. [戴智慧](#), [冯新斌](#), [张超](#), [仇广乐](#), [商立海](#), [万山汞矿区表层土壤汞迁移](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2012(8)
71. [李裕元](#), [邵明安](#) [土壤翻耕影响坡地磷流失试验研究](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2004(3)
72. [高焕文](#), [李洪文](#), [李问盈](#) [保护性耕作的发展](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(9)
73. [王艳土](#) [晋北地区不同耕作方式的生态效应研究](#)[学位论文]硕士 2005
74. [卢金伟](#), [李占斌](#) [土壤侵蚀退化研究进展](#)[期刊论文]-[土壤与环境](#) 2001(1)
75. [孙棋棋](#), [张春平](#), [于兴修](#), [李建华](#), [张永坤](#), [高燕](#) [中国农业面源污染最佳管理措施研究进展](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2013(3)
76. [郑丽娜](#), [王先之](#), [沈禹颖](#) [保护性耕作对黄土高原塬区作物轮作系统磷动态的影响](#)[期刊论文]-[草业学报](#) 2011(4)
77. [吴电明](#), [夏立忠](#), [俞元春](#), [李运东](#) [坡耕地氮磷流失及其控制技术研究进展](#)[期刊论文]-[土壤](#) 2009(6)
78. [李裕元](#) [坡地磷素迁移研究进展](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2006(5)
79. [鲁向晖](#) [红壤坡地开展保护性耕作的前景及对策分析](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2013(5)
80. [王鹤龄](#), [李耀辉](#) [中国北方沙尘暴及其农学防治探讨](#)[期刊论文]-[干旱气象](#) 2007(2)
81. [杨海涛](#) [保护性耕作不同施肥模式下土壤特性与春玉米生长发育研究](#)[学位论文]硕士 2005
82. [师江澜](#), [刘建忠](#), [吴发启](#) [保护性耕作研究进展与评述](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2006(1)
83. [吕钊钦](#) [冬小麦断根机械化关键技术研究](#)[学位论文]博士 2005
84. [冯孝杰](#) [三峡库区农业面源污染环境经济分析](#)[学位论文]博士 2005
85. [温美丽](#) [免耕在东北黑土区的适宜性研究](#)[学位论文]博士 2004