

# 河北坝上风蚀对农田土壤肥力水平影响研究

冯晓静<sup>1,2</sup>, 高焕文<sup>1</sup>, 李洪文<sup>1</sup>, 王晓燕<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 河北农业大学机电工程学院, 河北 保定 071001)

**摘要:**河北坝上地区风多风大,冬春季节降水少,使得大片农田长期处于强烈的风蚀之中。由于地表土壤养分的大量流失,农田土壤生产能力下降,导致荒漠化进程加剧。针对传统和保护性耕作农田土壤及风蚀物养分的变化,研究分析了土壤的风蚀和有机物及养分衰减的定量关系及其衰减的机理。结果表明:风蚀过程是农田土壤退化的重要路径,可以通过风蚀物中有机质和养分的含量估算农田土壤的有机质和养分的损失量。土壤风蚀过程中,保护性耕作比传统耕作可以减少风蚀量 62.56%。有机质损失减少 31.05%,全氮损失减少 29.15%,全磷损失减少 32.25%,全钾损失减少 66.11%;有机质及养分主要集中在细微的土壤颗粒之中。风蚀对土壤营养物质及有机质的流失高于土壤的流失,风蚀是土壤退化的重要原因,恶化环境的同时造成了严重的经济损失。可以采用保护性耕作技术防止农田沙漠化和提高作物产量。

**关键词:**风蚀;土壤有机物;养分;衰减机理

中图分类号:S157.1 文献标识码:A 文章编号:1000-7601(2007)01-0063-04

目前农田退化、沙漠化日趋严重,水土流失造成的农田土壤养分流失的研究主要集中于水蚀<sup>[1~5]</sup>。河北省坝上高原位于内蒙古高原的东南缘,总面积 18 391 km<sup>2</sup>。近半个世纪以来,由于大量开垦草原为旱作农田,而且农田没有合理的防护措施,使坝上脆弱的生态系统失去平衡,土地沙化面积逐年增加,现已达 5 977.1 km<sup>2</sup>,占土地总面积的 32.5%<sup>[6]</sup>,土壤风蚀问题日趋严重,已成为影响农业生产及生态环境的主要限制因素之一,是该地区土壤流失的主要形式。有研究表明,在河北坝上地区有 70% 的农田常年遭受侵害,土壤风蚀、沙漠化以每年剥蚀土层平均达 1 cm 左右,风蚀使得地表细土吹扬,导致地表严重粗化、沙漠化,甚至砾石化<sup>[7]</sup>。根据朱震达、刘恕的研究<sup>[8]</sup>,在农牧交错地带旱作农田与开垦初期相比,有机质下降 60%~80%,农田产量下降 50%~60%。由于强烈的地表风蚀,旱作农田生态系统内参与能量、物质交换的有机质、营养元素、水分受到损失,这样直接导致土壤的贫瘠,引起农田生态系统功能低下<sup>[9~13]</sup>。目前研究土壤养分流失的资料较少,难以包涵土壤、气候及侵蚀(风或水)等范围。为区分风蚀和其它途径造成的养分流失,采用测定土壤风蚀物脱离土壤本体带走养分的方法。该地区农田的退化和沙漠化,可以用土壤风蚀对农田土壤的颗粒度组成和养分的运移得到印证。本文通过对风蚀观测,分析各高度层风蚀物及有机质和养

分损失,定量分析了农田土壤肥力的损失,为半干旱和半干旱偏旱地区农田保持生产能力提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

丰宁坝上位于河北坝上中部的南端,地处北纬 41°~42°20',东经 114°~118°15'。地貌类型主要由疏缓丘陵和丘间滩地以及缓起固定、半固定沙地组成,地势开阔平坦。海拔为 1 400~1 700 m。该区属于中温带大陆性季风型半干旱高原山地气候,光照充足,冷热剧变,干冷多风,无霜期短。气候资源年内季节性分配悬殊,冬春季节连续干旱,降水量稀少,严重缺水,而且风大、沙多,全年盛行西风—西北风,年平均风速为 4.5 m/s,最大瞬时风速 34 m/s,春季(3~5月)平均风速在 5 m/s 以上,年平均超过 8 级以上(17.2 m/s)的大风天数在 60~90 d 之间。本区土壤以栗钙土、风沙土为主,选择同一块农田,将其分为南北两部分,分别采用传统耕作和保护性耕作,经过两年对比试验后,其基本理化性质见表 1。土壤砂粒含量高,质地松散内聚力差,保水保肥能力差,而且地表覆盖生物量少,为沙漠化的发生发展提供了物质基础和动力条件。以秸秆残茬覆盖和少免耕为特征的保护性耕作对土壤风蚀具有影响作用早已为人所认识,但对土壤风蚀引起的土壤理化

收稿日期:2006-03-06

基金项目:科技部农业科技成果转化基金(02E F N216900734)

作者简介:冯晓静(1970—),女,河北省滦南县人,博士研究生,副教授,主要从事可持续农业机械化生产系统的研究。

性质的变化仍需定量研究。本文对传统耕作和保护性耕作两种地表土壤,通过田间监测试验分别研究农田土壤及土壤风蚀物的理化参数,探讨保护性耕作对防止农田土壤退化的作用。采用保护性耕作的

春小麦秸秆茬覆盖农田地表与传统翻耕耙碎平整的地表作为试验材料,通过试验分析不同条件下农田土壤理化性质的变化。

表 1 方差分析

Table 1 Analysis of variance of topsoil moisture

差异源 Variance origin	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$	显著性 Significant
时间 Time	12	18.93	1.58	8.33	2.69	4.16	**
处理 Treatment	1	48.61	48.61	256.60	4.75	9.33	**
误差 Error	12	2.27	0.19	—	—	—	—
总计 Sum	25	69.81	—	—	—	—	—

## 1.2 研究方法

采用中国农业大学研制的“中农”集沙仪进行田间风蚀监测。春天 3~5 月在试验地布置,每种地表在距离上风向不可侵蚀边界 150 m 处布置 3 个集沙仪,集沙仪之间互不干扰。在每个采集点上,按照采集盒入风口距地表 0.1 m、0.25 m、0.6 m、1.0 m 及 1.5 m 高度安装 5 个采集盒。每次扬沙过后将采集器中的风蚀物清空倒入已秤好的带有标记的塑料自封袋内,带回实验室称重分析。不同高度层风蚀物粒度采用 GS-86 型电动振筛机进行筛分分级,采用重铬酸钾滴定法测定有机质含量,采用凯式定氮法测定全氮含量,采用比色法测定全磷含量,采用火焰光度法测定全钾含量。在风蚀观测期间,采用智能化土壤水分快速测定仪测定不同处理试区表土层的土壤含水量,3~5 月共测 13 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤含水量分析

土壤含水量是干旱地区影响作物生产的重要因素。为了研究风蚀期间不同耕作体系对土壤含水量的影响,在风蚀观测期间,进行了不同处理试区表土层的土壤含水量的实时测定(图 1)。整个观测期间两种处理地表含水量随时间的变化呈现出相同的规律,试验在 3~5 月进行,随着时间的推移,降雨量逐渐增加,土壤水分增加。但保护性耕作含水量总体比同期的传统耕作要高,观测期间平均含水量高出 37.7%。通过表 1 分析,对于不同土壤处理、不同时间土壤含水量均存在显著差异。

### 2.2 试验地土壤理化性质分析

由表 2 可以看出,保护性耕作农田 0~20 cm 的表层土壤有机质和养分含量均高于传统耕作农田,说明保护性耕作对土壤有培肥作用。

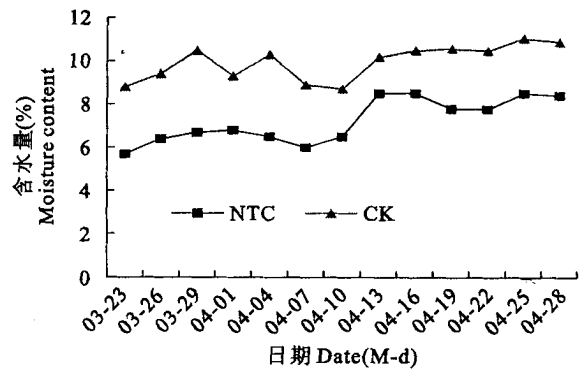


图 1 表层土壤含水量动态变化

Fig. 1 The topsoil moisture content

表 2 地表土壤有机质及养分含量(%)

Table 2 Soil OM, and nutrients of the top soil

处理 Treatments	有机质 OM	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K
CK	1.3	0.096	0.014	1.83
NTC	1.97	0.148	0.018	1.92

### 2.3 土壤风蚀物分析

2.3.1 风蚀量对比 监测期间不同地表各高度层集沙仪总输沙量见图 2。各高度层总的输沙量随高度的变化遵循幂函数曲线,其关系模式如下:

$$q = az^b$$

式中,  $q$  为各高度层输沙量( $g/cm^2$ );  $z$  为采集仪进沙口距地表高度( $cm$ );  $a$ 、 $b$  为回归系数

则土壤采样期间 1 cm 宽、150 cm 高度内总的输沙量为:

$$Q = \int_0^{150} q dz$$

$Q$  可以代表 1 cm 宽、150 m 长度内总的风蚀量( $g$ ) 则该地表的风蚀通量为:

$$Q_T = \frac{Q}{0.01 \times 150} (g/m^2)$$

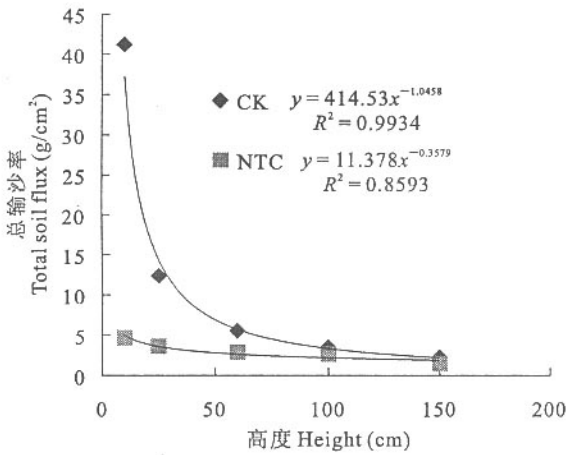


图 2 各高度层集沙仪总输沙量( g/cm<sup>2</sup> )

Fig.2 Total soil flux rate at different heights

计算可得 ,传统耕作地的风蚀通量为 347.626 t/hm<sup>2</sup> ,保护性耕作地风蚀通量为 130.142 t/hm<sup>2</sup> ,保护性耕作地表比传统耕作地表减少风蚀62.56%。两种地表风蚀监测的结果表明 :风蚀量随离地高度的增加而减少 ,保护性耕作各高度层风蚀量明显低于传统耕作地表对应高度层的风蚀量 ,保护性耕作总的风蚀量低于传统耕作。

表 4 不同高度风蚀物养分的富集率

Table 4 Enrichment ratios of wind erosion materials at different heights

高度( cm ) Height	传统耕作 CK				保护性耕作 NTC			
	有机质 OM.	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	有机质 OM.	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K
10	1.09	1.08	1.36	1.01	2.36	2.02	3.00	0.93
25	1.71	1.40	1.79	1.08	2.55	2.11	3.33	0.94
60	2.43	2.07	2.71	1.08	2.47	2.03	3.00	0.97
100	3.12	2.27	3.86	1.16	2.54	1.76	3.17	0.95
150	3.25	1.90	3.79	1.21	2.64	1.94	3.27	0.95
平均 Mean	2.32	1.74	2.70	1.11	2.51	1.97	3.15	0.95

除了保护性耕作地表不同高度处全 K 的富集率低于 1 以外 ,其它各养分不同高度处的富集率均大于 1 ,表明土壤风蚀物中的有机质和养分含量( N、P )明显高于相应的地表土壤表层 ,而且随着高度的增加含量增长较快。

对不同物质不同高度处的富集率与不同高度处风蚀物中粒径小于 0.01 的含量进行相关分析知 ,土壤风蚀物中的有机质和养分含量( N、P )与不同高度处风蚀物中粒径小于 0.1 mm 的含量具有明显的相关性(  $\alpha = 0.05$  ) ,说明有机质及养分主要集中在细微的土壤颗粒之中 ,又由于风蚀物中具有较高有机质及养分含量的细微的土壤颗粒随高度的增加而增加 ,从而导致土壤风蚀物中的有机质和养分含量高于土壤表层 ,高处的风蚀物有机质和养分含量高

对各高度层风蚀物的粒度组成进行分析 ,粒径小于 0.1 mm 的风蚀物含量见表 3。表 3 中数据表明 ,随高度的增加 ,两者小粒径的风蚀物含量都增加 ,说明随粒径减小 ,跃移高度或悬浮的可能性增加 ,保护性耕作地收集到的粒径小于 0.1 mm 的粉粒和细颗粒风蚀物明显比传统耕作地含量多 ,且随着高度的增加明显增加。

表 3 小于 0.1 mm 土壤风蚀物含量( % )

Table 3 Soil particle less than 0.1 mm

高度 High( cm )	CK	NTC
10	40.8	68.6
25	61.0	88.2
60	83.4	92.6
100	90.7	97.2
150	91.12	94.5

2.3.2 农田土壤有机物和养分损失分析 测定不同地表各高度层的土壤风蚀物的有机质和养分含量 ,以土壤风蚀物的有机质及养分富集率( 土壤风蚀物有机质及养分含量与相应的土壤表层有机质及养分含量之比 )作为表征土壤风蚀过程中土壤肥力迁移指标<sup>[14~16]</sup> ,结果见表 4。

于低处。保护性耕作近地表覆盖物的拦截减低了土壤有机质和养分的流失。全 K 与风蚀物中粒径小于 0.1 mm 的含量关系规律不明显。

两种耕作措施下的农田相比 ,土壤风蚀物的有机质及养分富集率都略高于 1 ,充分说明风蚀带走了农田土壤养分 ,增加了农田土壤肥力损失。但富集率是农田土壤肥力减少的相对值 ,并不能代表农田肥力的实际损失。本文通过各高度层风蚀物及有机质和养分含量 ,计算土壤风蚀物中有机质和养分的质量 ,定量分析农田土壤肥力的损失并进行两地表的对比 ,结果见表 5。由表 5 可知保护性耕作不仅可以减少风蚀 ,同时能够减少表层土壤的有机质和养分损失 ,有机质损失减少 31.05% ,全氮损失减少 29.15% ,全磷损失减少 32.25% ,全钾损失减少

66.11%。

表 5 地表有机质及养分损失量 (kg/hm<sup>2</sup>)

Table 5 Loss amount of OM and nutrients of topsoil

处理 Treatments	有机质 OM	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K
CK	8899.2	532.5	110.1	7014.2
NTC	6136.2	377.3	74.6	2377.0
减少 Reduction(%)	31.05	29.15	32.25	66.11

### 3 结 论

1) 风蚀过程是农田土壤退化的重要路径,可以通过风蚀物中有机质和养分的含量估算农田土壤的有机质和养分的损失量。

2) 保护性耕作含水量总体比同期的传统耕作要高,观测期间平均含水量高出 37.7%。

3) 土壤风蚀过程中,保护性耕作比传统耕作可以减少风蚀量 62.56%。有机质损失减少 31.05%,全氮损失减少 29.15%,全磷损失减少 32.25%,全钾损失减少 66.11%。

4) 土壤风蚀物中的有机质和养分含量(N、P)与不同高度处风蚀物中粒径小于 0.1 mm 的含量具有明显的相关性,有机质及养分主要集中在细微的土壤颗粒之中,风蚀物中的有机质和养分含量高于土壤表层,高处的风蚀物有机质和养分含量高于低处。

#### 参 考 文 献 :

- [1] 蔡崇法,丁树文,张光远,等.三峡库区紫色土坡地养分状况及养分流失[J].地理研究,1996,15(3):77—84.  
[2] 黄丽,丁树文,董舟,等.三峡库区紫色土养分流失的试验研

究[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(1):8—13.

- [3] 傅涛,倪九派,魏朝富,等.不同雨强和坡度条件下紫色土养分流失规律研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(1):71—74.  
[4] 王洪杰,李宪文,史学正,等.四川紫色土区小流域土壤养分流失初步研究[J].土壤通报,2002,33(6):441—444.  
[5] 王兴祥,张桃林,张斌.红壤旱坡地农田生态系统养分循环和平衡[J].生态学报,1999,19(3):335—341.  
[6] 刘京会,高新法,孟立君.河北坝上地区土地荒漠化现状及生物对策研究[J].河北师范大学学报,2001,23(3):407—412.  
[7] 杨泰运,陈广庭.农牧交错地带土地生产力退化的初步探讨[J].干旱区资源与环境,1991,5(3):75—83.  
[8] 朱震达,刘恕.中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划[M].北京:林业出版社,1981.  
[9] 赵哈林,黄学文,何宗颖.科尔沁沙地农田沙漠化演变的研究[J].土壤学报,1996,33(3):242—248.  
[10] 肖洪浪,赵雪,赵文智.河北坝缘筒育干润均腐土耕种中的退化研究[J].土壤学报,1998,35(1):129—134.  
[11] 苏永中,赵哈林,张铜会,等.科尔沁沙地旱作农田土壤退化的过程和特征[J].水土保持学报,2002,16(1):25—28.  
[12] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等.沙漠化过程中沙质旱作农田土壤环境的变化及其对生产力形成的影响[J].水土保持学报,2002,16(4):1—4.  
[13] Davidson E A, Aekerman I L. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils[J]. Biogeochemistry, 1993, 20: 161—193.  
[14] Francis J, Larney, Murray S, Bullock, H Henry, Janzen, et al. Wind erosion effects on nutrient redistribution and soil productivity[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1998, 53(2): 133—140.  
[15] 哈斯.河北坝上地区高原土壤风蚀物垂直分布的初步研究[J].中国沙漠,1997,17(1):9—14.  
[16] Zobeck T M, Fryrear D W. Chemical and physical characteristics of windblown sediment II. Chemical characteristic and total soil and nutrient discharge[J]. Transaction of the ASAE, 1986, 29(4):1037—1041

## Effect of wind erosion on the fertility of farmland at Bashang of Hebei

FENG Xiao-jing<sup>1,2</sup>, GAO Huan-wen<sup>1</sup>, LI Hong-wen<sup>1</sup>, WANG Xiao-yan<sup>1</sup>

(1. College of Engineering, China Agriculture University, Beijing 100080, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

**Abstract**: Experiment was conducted in farmland in Bashang of Hebei Province during wind erosion season, in order to study the change of the soil and the wind erosion materials. This paper analyzes the relationship between wind erosion and loss of organic materials and nutritional elements, and the mechanization of the loss. The main result was as following: (1) Conservation tillage is more effective in reducing wind erosion than traditional tillage, at the two spots of the experiment, the reduction is 62.56%. (2) Conservation tillage can reduce the loss of organic materials and nitrogen (N), phosphorus (P), kalium (K) than traditional tillage, reduction of organic materials is 31.05%, reduction of nitrogen (N) is 29.15%, reduction of phosphorus (P) is 32.25%, reduction of kalium (K) is 66.11%. (3) At the same time, the topsoil moisture content of conservation tillage is increased by 37.7% compared with traditional tillage. The control of wind erosion can maintain the fertility of farmland in arid and semi arid region.

**Keywords**: wind erosion; organic materials; nutritional elements; mechanization of the loss

# 河北坝上风蚀对农田土壤肥力水平影响研究

作者: 冯晓静, 高焕文, 李洪文, 王晓燕, FENG Xiao-jing, GAO Huan-wen, LI Hong-wen, WANG Xiao-yan  
作者单位: 冯晓静, FENG Xiao-jing(中国农业大学工学院, 北京, 100083; 河北农业大学机电工程学院, 河北, 保定, 071001), 高焕文, 李洪文, 王晓燕, GAO Huan-wen, LI Hong-wen, WANG Xiao-yan(中国农业大学工学院, 北京, 100083)  
刊名: 干旱地区农业研究 **ISTIC PKU**  
英文刊名: AGRICULTURAL RESEARCH IN THE ARID AREAS  
年, 卷(期): 2007, 25(1)  
被引用次数: 2次

## 参考文献(16条)

1. 蔡崇法; 丁树文; 张光远 三峡库区紫色土坡地养分状况及养分流失 1996(03)
2. 黄丽; 丁树文; 董舟 三峡库区紫色土养分流失的试验研究 1998(01)
3. 傅涛; 倪九派; 魏朝富 不同雨强和坡度条件下紫色土养分流失规律研究[期刊论文]-植物营养与肥料学报 2003(01)
4. 王洪杰; 李宪文; 史学正 四川紫色土区小流域土壤养分流失初步研究[期刊论文]-土壤通报 2002(06)
5. 王兴祥; 张桃林; 张斌 红壤旱坡地农田生态系统养分循环和平衡[期刊论文]-生态学报 1999(03)
6. 刘京会; 高新法; 孟立君 河北坝上地区土地荒漠化现状及生物对策研究[期刊论文]-河北师范大学学报(自然科学版) 2001(03)
7. 杨泰运; 陈广庭 农牧交错地带土地生产力退化的初步探讨 1991(03)
8. 朱震达; 刘恕 中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划 1981
9. 赵哈林; 黄学文; 何宗颖 科尔沁沙地农田沙漠化演变的研究 1996(03)
10. 肖洪浪; 赵雪; 赵文智 河北坝缘筒育干润均腐土耕种中的退化研究 1998(01)
11. 苏永中; 赵哈林; 张铜会 科尔沁沙地旱作农田土壤退化的过程和特征[期刊论文]-水土保持学报 2002(01)
12. 赵哈林; 赵学勇; 张铜会 沙漠化过程中沙质旱作农田土壤环境的变化及其对生产力形成的影响[期刊论文]-水土保持学报 2002(04)
13. Davidson E A; Ackerman I L Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils 1993
14. Francis J Larney; Murray S Bullock; H Henry Janzen Wind erosion effects on nutrient redistribution and soil productivity[外文期刊] 1998(02)
15. 哈斯 河北坝上地区高原土壤风蚀物垂直分布的初步研究 1997(01)
16. Zobeck T M; Fryrear D W Chemical and physical characteristics of windblown sediment II. Chemical characteristic and total soil and nutrient discharge 1986(04)

## 本文读者也读过(10条)

1. 王云超, 张立峰, 侯大山, 高运青, Wang Yunchao, Zhang Lifeng, Hou Dashan, Gao Yunqing 河北坝上农牧交错区不同下垫面土壤风蚀特征研究[期刊论文]-中国农学通报2006, 22(8)
2. 罗万银, 董治宝, LUO Wanyin, DONG Zhibao 风蚀对土壤养分及碳循环影响的研究进展与展望[期刊论文]-地理科学进展2005, 24(4)
3. 海春兴, 赵焯, 陈志凡, 赵芳敏 河北省坝上不同土地利用方式土壤可蚀性研究--以河北省丰宁县大滩乡三道河为例[期刊论文]-中国生态农业学报2005, 13(1)
4. 周怀平, 关春林, 杨治平, 解文艳, ZHOU Huai-ping, GUAN Chun-lin, YANG Zhi-ping, XIE Wen-yan 不同树龄仁用杏人工林地土壤水肥状况研究[期刊论文]-水土保持学报2006, 20(6)

5. [董素钦](#) [果园套种牧草对生态环境、培肥地力的影响](#)[期刊论文]-[现代农业科技](#)2006(23)
6. [常春平](#), [李艳芳](#), [崔立昌](#) [河北省坝上地区自然生态环境与可持续发展问题探讨](#)[期刊论文]-[石家庄师范专科学校学报](#)2002, 4(4)
7. [海春兴](#), [赵焯](#), [付金生](#) [中国北方农牧交错区交通用地风蚀个案分析-以河北丰宁县坝上大滩镇东沟村为例](#)[期刊论文]-[干旱区地理](#)2004, 27(1)
8. [鲁绍伟](#), [刘凤芹](#), [周国娜](#), [张海军](#), [马建昭](#), [姜文虎](#), [杜娟](#) [不同植被带植物群落多样性的变化规律研究](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#)2007, 35(21)
9. [高宏樟](#), [张强](#), [GAO Hong-zhang](#), [ZHANG Qiang](#) [太原市煤粉尘降落量监测及其对土壤肥力的影响](#)[期刊论文]-[山西农业科学](#)2008, 36(3)
10. [周野](#), [ZHOU Ye](#) [生草栽培对李园秋季土壤养分含量及空气湿度的影响](#)[期刊论文]-[北方园艺](#)2008(9)

#### 引证文献(4条)

1. [邹聪明](#), [胡小东](#), [张云兰](#), [薛兰兰](#), [张臻](#), [Shakeel Ahmad Anjum](#), [王龙昌](#) [保护性耕作农田耕层土壤养分含量动态变化研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2011(2)
2. [邹聪明](#), [胡小东](#), [张云兰](#), [薛兰兰](#), [张臻](#), [Shakeel Ahmad Anjum](#), [王龙昌](#) [保护性耕作农田耕层土壤养分含量动态变化研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2011(2)
3. [孙铁军](#), [肖春利](#), [滕文军](#) [不同草地建植模式对荒坡地土壤风蚀及理化性质的影响](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#) 2011(3)
4. [赖志强](#), [丁涛辉](#), [吴二雷](#) [农田地表粉尘释放对周边环境影响的研究进展](#)[期刊论文]-[科技信息](#) 2013(5)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ghdqnyj200701013.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_ghdqnyj200701013.aspx)