

多年固定道保护性耕作对土壤结构的影响

陈浩, 李洪文^{*}, 高焕文, 王晓燕, 何进, 李问盈, 王庆杰

(中国农业大学工学院农业工程系, 北京 100083)

摘要:为了解决拖拉机作业机组作业时造成的土壤普遍压实,在 10 a 连续固定道保护性耕作试验基础上,研究了固定道保护性耕作对土壤容重、孔隙度、紧实度、水分以及冬小麦产量的影响。试验结果表明,对于作物生长带,固定道保护性耕作可以降低 0~20 cm 土层的容重 6.8%,提高 0~40 cm 土层土壤总孔隙度 4.6%,降低 0~30 cm 土层土壤紧实度 31.5%,提高 0~1 m 土层蓄水能力,在固定道占地 20% 的情况下,仍能提高冬小麦产量 10.8%。因此,固定道保护性耕作是减少土壤压实、改善土壤结构、提高小麦产量的有效耕作方式。

关键词:保护性耕作, 压实, 土壤结构, 固定道, 产量

中图分类号: S152.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2008)-11-0122-04

陈浩, 李洪文, 高焕文, 等. 多年固定道保护性耕作对土壤结构的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 122-125.
Chen Hao, Li Hongwen, Gao Huanwen, et al. Effect of long-term controlled traffic conservation tillage on soil structure[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(11): 122-125. (in Chinese with English abstract)

0 引言

农业生产作业过程中,拖拉机在田间随机行走,造成对土壤的压实,各种作业采取传统的行走方式,土壤压实面积的分布可达到 100%^[1]。土壤压实后会降低土壤孔隙度和土壤持水能力,增加径流,加剧土壤侵蚀^[2,3],破坏土壤结构,增加土壤强度和渗透阻力,阻碍根系的正常生长,降低作物产量^[4]。

为了解决拖拉机作业机组作业时造成的土壤普遍压实,澳大利亚、美国、英国和德国等发达国家开始了固定道耕作技术的研究^[5]。固定道耕作系统的主要思想是将拖拉机行驶带和作物生长带分离,在田间建立固定的拖拉机行走道,从而消除机具作业对土壤的普遍压实。固定道保护性耕作是固定道与保护性耕作两项技术结合的新技术,其特点是:机具在作物间固定的车道上行驶,车道上不种植作物;作物生长带不被车轮碾压,为作物生长提供良好的土壤,且长期保持秸秆覆盖,兼具两种耕作技术的优点。国外研究表明,固定道保护性耕作有效地改良土壤结构,提高作物产量。同传统机械耕作相比,这种耕作技术能节省 50% 的能源消耗,从而减少作业成本^[6-13]。以前,这种耕作技术在国内尚无人进行过应用试验。中国农业大学从 1997 年开始在山西临汾建立固定道保护性耕作试验区,连续试验测定了固定道保护性耕作对土壤结构和冬小麦产量的影响。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

固定道保护性耕作试验区位于山西省临汾市城隍乡,该地属于北方半湿润偏旱区,海拔高度 360~500 m,年平均气温为 12℃,≥10℃ 年活动积温为 4100℃,年降水量为 380~553 mm,且隔年降雨不均(如表 1),侵蚀模数 < 400 t/(km²·a),降水集中于 6~9 月,占年降水量的 67.6%,年蒸发量为 1800 mm,蒸发量为降水量的 2 倍以上。由于降水少而不匀,加上土壤水分蒸发强烈,因此本区常发生春旱和伏旱,严重影响冬小麦生产,作物的生长主要靠休闲期土壤的蓄水量。

试验区总面积为 42×120 m² (0.504 hm²),四周建有围栏。为减少土壤肥力和结构状况以及地表不平度的影响,在布置试验区前进行了均质化的翻耕处理。试验区种植作物为冬小麦。

表 1 试验区 1998-2005 年降雨量和休闲期降雨量
Table 1 Annual precipitation and fallow rainfall in test area during 1998-2005 mm

年份	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
年降雨量	421.5	327.9	443.7	417.6	458.3	668.7	308.1	424.4
休闲期降雨量	303.9	255.9	268.3	280.3	228.6	399.2	207.2	267.3

1.2 试验设计

为了降低固定道占地比例,将江西 180 型拖拉机的轮距作相应的加宽,使固定道中心距设计为 1.5 m,其中作物生长带宽 1.2 m,种植 6 行小麦,固定道宽 0.3 m,占地比例为 20%。试验共设 3 种处理、5 次重复,共分 15 个试验小区。3 种处理分别为: NTCN-免耕、全秸秆覆盖、不碾压; STCN-浅松、全秸秆覆盖、不碾压; CK-翻耕、留茬覆盖、作业时被碾压,用于对照。每个小区宽度 4.5 m (3 个播幅 3.6 m+3 个固定道 0.9 m),每种处理总的宽度为 22.5 m。

收稿日期: 2007-11-29 修订日期: 2008-03-31

项目基金: 中国—澳大利亚合作项目课题“旱地农业可持续机械化生产体系研究”

作者简介: 陈浩 (1980-), 男, 四川人。主要从事农业保护性耕作研究。北京 中国农业大学东区 46 号信箱, 100083。Email: pschenhao@163.com

*通讯作者: 李洪文 (1968-), 男, 江苏人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业保护性耕作研究。北京 中国农业大学东区 46 号信箱, 100083。

Email: lhwen@cau.edu.cn

小麦收获后, CK 处理将浮犁清出地块, 留茬覆盖, NTCN 和 STCN 处理使用全秸秆覆盖。3 种处理在休闲期进行秸秆粉碎。CK 处理翻耕在休闲期第 1 次降雨后进行, 深度为 20 cm, 小麦播种前进行整地。CK 处理使用传统小麦播种机播种。STCN 处理浅松作业在播种前进行, 深度为 5~8 cm。STCN 和 NTCN 处理使用固定道专用免耕播种机进行播种。

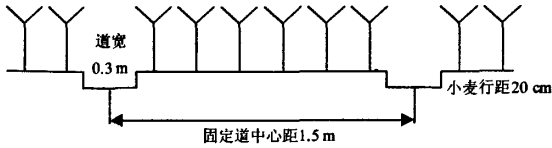


图 1 固定道和作物分布示意图

Fig.1 Traffic lane and crop distribution for winter wheat

1.3 测试仪器与方法

试验区布置于 1998 年, 1999 年起每年测定冬小麦产量。2007 年 3 月测定 0~100 cm 土层含水量, 0~40 cm 土壤容重、总孔隙度和土壤紧实度。

在每个试验小区用 120 cm 土钻取 3 个点, 测量深度为 100 cm。取样间隔为 10 cm, 然后将土样放入体积为 100 cm³ 的铝盒。使用烘干法测量土壤含水量。

土壤容重采用环刀法取样, 每个试验小区取 3 个点,

测量深度 40 cm, 取样间隔 10 cm, 装入体积为 100 cm³ 的铝盒。使用烘干法测量土壤容重 ρ_B , 同时通过比重瓶法测量土粒密度 ρ_s , 计算土壤总孔隙度 $P_t = 1 - \rho_B / \rho_s$ 。

土壤紧实度用 SC900 型 cone index 土壤紧实度仪测得。每个试验小区选择 6 个点, 测量深度为 40 cm。

2 结果与分析

2.1 土壤容重和总孔隙度

良好的土壤通气透水条件, 能促进土壤微生物活动, 从而增强土壤养分的供应, 有利于作物生长。3 种处理土壤容重和总孔隙度的比较见表 2。1999 年 3 种耕作处理只是在表层 0~10 cm 存在明显的土壤容重差异。NTCN 明显高于 CK, 主要是由于耕作的原因。2007 年以传统耕作的 CK 处理为对照, 固定道保护性耕作的 NTCN 和 STCN 处理明显降低距地表 10~20 cm 土层的容重, 提高距地表 10~40 cm 土层总孔隙度, 在距地表 10~20 cm 存在显著性差异 ($P=0.05$)。在距地表 0~20 cm 土层, 固定道保护性耕作处理的土壤容重比传统耕作对照降低 6.8%; 0~40 cm 土层的总孔隙度传统耕作比对照提高 4.6%。在 0~10 cm, 由于耕作的松土作用, 免耕处理 NTCN 容重略高于耕作处理 STCN 和 CK 处理, 总孔隙度略低于 STCN 和 CK 处理。在 20~40 cm 土层, 3 种处理的土壤总孔隙度差异并不明显。

表 2 3 种处理 0~40 cm 容重和总孔隙度

Table 2 Bulk densities and total porosities of three treatments in 0~40 cm layer

年份	处理	土壤容重/g·cm ⁻³				总孔隙度/ $\times 10^{-2}$ cm ³ ·cm ⁻³			
		0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm
1999	NTCN	1.44a	1.41a	1.42a	1.44a	46.32a	5051a	50.23a	49.35a
	STCN	1.42ab	1.40a	1.40a	1.47a	50.34ab	50.84a	47.93a	48.36a
	CK	1.30b	1.45a	1.36a	1.47a	54.37b	49.14a	52.40a	48.49a
2007	NTCN	1.37a	1.31a	1.36a	1.44a	48.25a	50.88a	49.20a	46.06a
	STCN	1.20b	1.36a	1.41a	1.44a	54.67b	49.00a	47.33a	46.06a
	CK	1.27ab	1.54b	1.41a	1.45a	52.03ab	42.26b	47.33a	45.68a

机具对土壤的压实抵消了耕作的作用。10~20 cm 土层, CK 处理的土壤容重明显高于 NTCN 和 STCN 处理, 土壤容重的增加会阻碍根系的生长, 孔隙度的降低会影响土壤中水分的运移, 从而降低作物产量。

2.2 土壤紧实度

在 0~30 cm 土层, NTCN 和 STCN 处理的土壤紧实度平均比传统对照降低 31.5%。在 30 cm 以下土层 3 种处理没有明显差异。机具压实对表层土壤影响非常显著(见图 2 中 TRACK-固定车道曲线), 机器行走在固定道上, 0~30 cm 内土层紧实度明显大于试验的 3 种处理。CK 处理下, 尽管耕作可以降低耕层土壤紧实度, 但是耕作后疏松的土壤更容易造成压实。多年的重复耕作和压实, 在 20 cm 处形成坚硬的犁底层, 会阻碍作物根系生长, 减少作物根系对水分和养分的利用, 从而降低作物产量。NTCN 和 STCN 处理的土壤紧实度没有明显差异, 紧实度随着土层深度增加而增加。在 30 cm 以下, 3 种处理作

物生长带和固定道的土壤紧实度趋于一致。

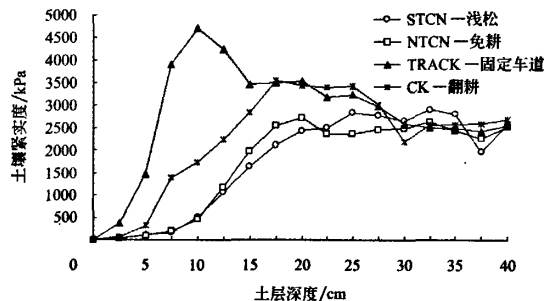


图 2 3 种处理作物生长区与固定道 0~40 cm 土壤的紧实度
Fig.2 Soil cone indexes of crop growth zone and traffic lane of three treatments in 0~40 cm layer

2.3 土壤水分

由表 3 可知, 在 1 m 土层内, STCN 和 NTCN 处理

的蓄水量分别比 CK 处理提高 8.9% 和 7.6% ($P=0.05$)。其中, 在 0~10 cm 土层, 两种固定道处理体积含水量低于 CK 处理, 但是无明显差异。主要是由于固定道的存在增加了蒸发面积。随着深度的增加, 固定道处理蓄水力明显高于传统对照处理。10~50 cm 土层深度, STCN、NTCN 和 CK 3 种处理蓄水量分别为 82.62、83.32 和 73.48 mm。两种固定道处理明显高于传统对照处理 ($P=0.05$), 其中 STCN 比传统耕作高 12.4%, NTCN 比传统耕作高 13.4%。在 50~100 cm 土层, STCN、NTCN 和 CK 3 种处理蓄水量分别为 90.74、92.06 和 85.16 mm。STCN 和 NTCN 分别比 CK 提高 6.5% 和 8.1%。

表 3 3 种处理 0~100 cm 土层土壤体积含水量

Table 3 Water contents of three treatments in 0~100 cm layer $\times 10^{-2} \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$

土层/cm	STCN	NTCN	CK
0~10	21.07	20.86	21.81
10~20	23.33	23.13	21.17
20~30	21.73	20.46	18.30
30~40	18.82	20.10	17.38
40~50	19.44	18.93	16.63
50~60	18.75	17.63	16.56
60~70	17.70	18.73	16.99
70~80	18.55	17.82	16.73
80~90	17.47	18.25	17.70
90~100	19.59	18.31	17.18
1 m 土层蓄水量/mm	196.45a	194.22a	180.45b

固定道保护性耕作采用秸秆覆盖可提高降水入渗能力, 减少水土流失。秸秆残茬可以有效抑制土壤蒸发, 起到良好的保墒效果。同时, 多年的秸秆还田可提高土壤有机质含量, 从而增强土壤蓄水保水性能。由于减少机具对土壤的压实, 固定道保护性耕作可以改善土壤孔隙状况, 从而提高土壤的蓄水能力, 提高冬小麦产量。

2.4 冬小麦产量

由表 4 可知, 试验期间按全面积计算(包括作物生长带和固定道车道), NTCN 和 STCN 处理的小麦产量分别比 CK 提高 9.3% 和 12.2% ($P=0.05$), 平均提高 10.8%。其中, 2000、2005 和 2006 年, 固定道保护性耕作产量明显高于传统耕作 ($P=0.05$)。固定道保护性耕作能够改善作物生长带的土壤结构, 促进作物的生长, 提高作物单位面积产量。仅按作物生长带计算, NTCN 和 STCN 分别比传统耕作提高 11.6% 和 15.3%, 平均提高 13.5%, 从而弥补固定车道占用土地的损失。

表 4 3 种处理 1999—2006 年冬小麦产量

Table 4 Winter wheat yields of three treatments from 1999 to 2006 $t \cdot \text{hm}^{-2}$

处理	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	平均
NTCN	3.27a	2.48a	3.08a	3.68a	3.51a	4.01a	2.71a	4.43a	3.40a
STCN	3.45a	2.52a	3.14a	3.90b	3.44a	4.39b	2.73a	4.37a	3.49a
CK	3.79b	1.46b	2.91a	3.52a	3.64a	4.12a	1.91b	3.5b	3.11b

2002 和 2004 年, STCN 处理的小麦产量显著高于 NTCN 处理 ($P=0.05$), 主要是由于浅松后土壤表层形成较好的种床, 提高了播种质量, 从而导致作物产量有所提高。但是 STCN 和 NTCN 多年平均差异不显著。

1999 年, 固定道处理小麦产量明显低于传统耕作处理。一方面是由于试验刚刚开始, 固定道处理下, 免耕播种机的播种质量低于传统作业。同时固定车道占用了 20% 的土地, 固定道处理还未表现出明显的作用, 从而产量明显低于传统耕作。

由于黄土高原冬小麦产量的主要决定因素为土壤水分。2003 年降雨量较大(表 1), 固定道处理 STCN 和 NTCN 土地利用效率低于传统对照 CK, 因而其产量低于传统对照 CK, 但是差异不显著。

另外, 对于大部分地区, 一般小麦地都留有田埂, 约占土地总面积的 5% 左右。因此, 固定道实际上只比非固定道作业多占用 15% 的土地。因此, 固定道保护性耕作技术, 通过增加作物生长带的产量弥补固定车道的占地损失, 可以实现增产。

3 结论

1) 固定道保护性耕作降低 0~20 cm 土壤容重 6.8%, 降低 0~30 cm 土壤紧实度 31.5%, 提高 0~40 cm 土壤总孔隙度 4.6%。

2) 固定道保护性耕作比传统耕作平均提高 1 m 土层的蓄水量 8.3%。

3) 固定道保护性耕作处理平均提高产量 10.8%。主要是通过提高作物生长带的产量(13.5%)来弥补固定车道占用的 20% 土地的损失, 从而实现增产。

4) 固定道保护性耕作措施中, 固定道浅松处理产量最高, 但其作用不显著。

5) 固定道免耕处理与浅松处理产量差异不大, 可以减少一次浅松作业, 不仅可以降低作业成本, 还可以减少耕作对土壤结构的破坏。因而从长期的经济效益考虑, 固定道免耕处理是最好的作业体系。

要阐明固定道保护性耕作增产机理, 需要进一步研究固定道保护性耕作对土壤理化特性、有机质含量—机土壤水分运移的影响。同时, 需要研发与固定道相配套的机具, 包括播种机、收获机等, 从而促进技术的推广应用。

[参考文献]

- [1] Raper R L, Reeves D W, Burt E C, et al. Conservation tillage and traffic effects on soil condition[J]. Trans of the ASAE, 1994, 37(3): 763—768.
- [2] Li Y X, Tullberg J N, Freehaim D M. Wheel traffic and tillage effects on soil physical properties[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 97(2): 282—292.
- [3] Brown H J, Erbach R M, Melvin S W. Tractive device effects on soil physical properties[J]. Soil and Tillage Research, 1992, 22: 41—53.
- [4] 黄 虎, 王晓燕, 李洪文, 等. 固定道保护性耕作节能效果试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 140—143.
- [5] Kahnt G. Effect of homogeneous and heterogeneous soil

- compaction on shoot and root growth of field bean and soybean[J]. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1986, 157(2): 105-113.
- [6] Lamers J G, Perdok U D, Lumkes L M, et al. Controlled traffic farming systems in the Netherlands[J]. *Soil and Tillage Research*, 1986, 8: 65-76.
- [7] 杜 兵, 周兴祥. 节约能耗的固定道耕作法[J]. *中国农业大学学报*, 1999, 4(2): 63-66.
- [8] Tullberg J N. Controlled traffic in Australia[A]. *Proceedings of National Controlled Traffic Conference*[C]. Gatton: Queensland University Gatton College, 1995: 7-11.
- [9] 李洪文, 高焕文, 陈君达, 等. 固定道保护性耕作的试验研究[J]. *农业工程学报*, 2000, 16(4): 73-77.
- [10] Taylor J H. Benefits of permanent traffic lanes in a Controlled Traffic crop production system[J]. *Soil and Tillage Research*, 1983, 3: 385-395.
- [11] 王晓燕, 高焕文, 李玉霞, 等. 拖拉机轮胎压实对土壤水分入渗与地表径流的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2000, 18(4): 57-60.
- [12] Tullberg J N, Ziebarth P J, Li Y X. Tillage and traffic effects on runoff[J]. *Aust J Soil Res*, 2001, 39, 249-257.
- [13] 李汝莘. 旱地保护性带状耕作增产节能机理及试验装备研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1998.

Effect of long-term controlled traffic conservation tillage on soil structure

Chen Hao, Li Hongwen*, Gao Huanwen, Wang Xiaoyan, He Jin, Li Wenying, Wang Qingjie

(*Department of Agricultural Engineering, College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China*)

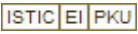
Abstract: In order to resolve the soil compaction caused by tractor-implement combination, the effects of controlled traffic conservation tillage on soil bulk density, total porosity, cone index, soil moisture and winter wheat yield were analyzed based on the long-term controlled traffic experiment conducted by China Agricultural University. The results show that, controlled traffic conservation tillage can decrease soil bulk density 6.8% in 0~20 cm layer and soil cone index 31.5% in 0~30 cm layer, increase soil total porosity 4.6% in 0~40 cm layer and soil moisture in 1 m soil depth, compared with conventional tillage. Even 20% of field was occupied by traffic lane, controlled traffic conservation tillage technique also can increase winter wheat yield 10.8%. In a word, controlled traffic conservation tillage is an effective tillage system to decrease soil compaction, improve soil construction, and increase wheat yield.

Key words: conservation tillage, compaction, soil structure, controlled traffic, yield

多年固定道保护性耕作对土壤结构的影响

作者: [陈浩](#), [李洪文](#), [高焕文](#), [王晓燕](#), [何进](#), [李问盈](#), [王庆杰](#), [Chen Hao](#), [Li Hongwen](#), [Gao Huanwen](#), [Wang Xiaoyan](#), [He Jin](#), [Li Wenying](#), [Wang Qingjie](#)

作者单位: [中国农业大学工学院农业工程系, 北京, 100083](#)

刊名: [农业工程学报](#) 

英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING](#)

年, 卷(期): 2008, 24(11)

被引用次数: 7次

参考文献(13条)

1. Raper R L;Reeves D W;Burt E C [Conservation tillage and traffic effects on soil condition](#) 1994(03)
2. Li Y X;Tullberg J N;Freehaim D M [Wheel traffic and tillage effects on soil physical properties](#) 2007(02)
3. Brown H J;Erbach R M;Melvin S W [Tractive device effects on soil physical properties](#) 1992
4. 黄虎;王晓燕;李洪文 [固定道保护性耕作节能效果试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(12)
5. Kahnt G [Effect of homogeneous and heterogeneous soil compaction on shoot and root growth of field bean and soybean](#) 1986(02)
6. Lamers J G;Perdok U D;Lumkes L M [Controlled traffic farming systems in the Netherlands](#) 1986
7. 杜兵;周兴祥 [节约能耗的固定道耕作法](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 1999(02)
8. Tullberg J N [Controlled traffic in Australia](#) 1995
9. 李洪文;高焕文;陈君达 [固定道保护性耕作的试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2000(04)
10. Taylor J H [Benefits of permanent traffic lanes in a Controlled Traffic crop production system](#) 1983
11. 王晓燕;高焕文;李玉霞 [拖拉机轮胎压实对土壤水分入渗与地表径流的影响](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2000(04)
12. Tullberg J N;Ziebarth P J;Li Y X [Tillage and traffic effects on runoff](#)[外文期刊] 2001(2)
13. 李汝莘 [旱地保护性带状耕作增产节能机理及试验装备研究](#)[学位论文] 1998

本文读者也读过(10条)

1. 丁启朔. 丁为民. 孟为国. 韩英. Ding Qishuo. Ding Weimin. Meng Weiguo. Han Ying [耕作力学研究中的土壤结构表现与评价](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2007, 38(8)
2. 丁启朔. 丁为民. 潘根兴. Ding Qishuo. Ding Weimin. Pan Genxing [多尺度多分辨率破碎方法评价土壤结构的原理及其应用](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2008, 24(12)
3. 王恩娟. 赵雨森. 陈祥伟. WANG En-Heng. ZHAO Yu-Sen. CHEN Xiang-Wei [基于土壤三相的广义土壤结构的定量化表达](#)[期刊论文]-[生态学报](#)2009, 29(4)
4. 陈浩. 吴伟蔚. 刘新田. 李洪文. Chen Hao. Wu Weiwei. Liu Xintian. Li Hongwen [轮胎压实对机具牵引阻力的影响](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2010, 41(2)
5. 黄高宝. 郭清毅. 张仁陟. 逢蕾. Guangdi LI. Kwong Yin CHAN. 于爱忠. HUANG Gao-Bao. GUO Qing-Yi. ZHANG Ren-Zhi. PANG Lei. Guangdi LI. Kwong Yin CHAN. YU Ai-Zhong [保护性耕作条件下旱地农田麦-豆双序列轮作体系的水分动态及产量效应](#)[期刊论文]-[生态学报](#)2006, 26(4)
6. 郑毅. 张福锁 [土壤结构和耕作对根际微生态系统的影响](#)[期刊论文]-[云南农业大学学报](#)2003, 18(2)
7. 潘英华. 雷廷武. 张晴雯. 冯雪. PAN Ying-hua. LEI Ting-wu. ZHANG Qing-wen. FENG Xue [土壤结构改良剂影响下的](#)

土壤水分有效性研究[期刊论文]-灌溉排水学报2007, 26(5)

8. 林蔚刚, 吴俊江, 刘丽君, 钟鹏, 董德健, 林相丰, 孙长锁. LIN Wei-gang, WU Jun-jiang, LIU Li-jun, ZHONG Peng, DONG De-jian, LIN Xiang-feng, SUN Chang-suo 保护性耕作对土壤部分物理特性及大豆产量的影响[期刊论文]-大豆科学2010, 29(2)
9. 李洪文, 高焕文, 陈君达, 李问盈, 李汝莘. Li Hongwen, Gao Huanwen, Chen Junda, Li Wenyong, Li Ruxin 固定道保护性耕作的试验研究[期刊论文]-农业工程学报2000, 16(4)
10. 孙国峰, 张海林, 徐尚起, 崔思远, 汤文光, 陈阜. Sun Guofeng, Zhang Hailin, Xu Shangqi, Cui Siyuan, Tang Wenguang, Chen Fu 轮耕对双季稻田土壤结构及水贮量的影响[期刊论文]-农业工程学报2010, 26(9)

引证文献(9条)

1. 杨荣, 黄高宝 固定道压实对农田土壤物理性状的影响[期刊论文]-生态学杂志 2009(8)
2. 张喜瑞, 何进, 李洪文, 王庆杰, 吴沙沙 水平拨草轮式玉米免耕播种机设计和试验[期刊论文]-农业机械学报 2010(12)
3. 赵红香, 迟淑筠*, 宁堂原, 田慎重, 王丙文, 李增嘉 科学耕作与留茬改良小麦-玉米两熟农田土壤物理性状及增产效果[期刊论文]-农业工程学报 2013(9)
4. 白文斌, 焦晓燕, 王立革, 王劲松, 张亚丽 我国中部井工煤炭开采沉陷对农田大型土壤动物群落结构的影响[期刊论文]-中国生态农业学报 2012(4)
5. 韦鹏飞, 陈浩, 王良杰, 陈海宁 轮胎-土壤相互作用研究综述[期刊论文]-农机化研究 2013(9)
6. 杨荣, 黄高宝 固定道结合垄面覆盖种植模式对春小麦冠层结构特性的影响[期刊论文]-作物学报 2010(1)
7. 朱强根, 朱安宁, 张佳宝, 张焕朝, 杨淑莉, 王意锟 保护性耕作下土壤动物群落及其与土壤肥力的关系[期刊论文]-农业工程学报 2010(2)
8. 刘莉莉, 马忠明, 吕晓东 多年固定道保护性耕作对土壤有机碳和小麦产量的影响[期刊论文]-麦类作物学报 2013(5)
9. 杨永辉, 武继承, 毛永萍, 韩庆元, 何方 利用计算机断层扫描技术研究土壤改良措施下土壤孔隙[期刊论文]-农业工程学报 2013(23)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygcxb200811023.aspx