

不同耕作方式对黄土高原旱地麦田土壤物理性状的影响

赵洪利¹, 李 军^{1,2}, 贾志宽¹, 王学春¹, 王 蕾¹

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 通过冬小麦田间试验, 研究了免耕、深松、翻耕三种不同耕作措施对土壤物理特性的影响。结果表明: 冬小麦收获时, 免耕与其它处理相比, 增大了土壤容重、土壤硬度, 其土壤干筛法 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量比深松和翻耕每层平均增加 3% 和 5%, 但较冬小麦耕作处理前每层平均下降 5%; 免耕条件下, 湿筛法 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量比深松和翻耕每层平均增加 11% 和 32%, 较冬小麦耕作处理前每层平均下降 42%; 免耕可增加土壤蓄水量, 收获期土壤蓄水量为 373.1 mm , 较深松和翻耕提高 17% 和 8%; 随着降水量的增加, 冬小麦收获期水分入渗速率逐渐减少; 且不同耕作方式水分入渗速率为免耕 $>$ 深松 $>$ 翻耕。

关键词: 耕作; 土壤容重; 土壤硬度; 团聚体; 土壤蓄水量; 入渗速率; 冬小麦; 黄土高原

中图分类号: S342.1; S152.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0017-05

渭东北部是典型的黄土高原沟壑区, 属暖温带半湿润气候, 年均降水量偏少。近年来, 由于降水分布不均和不稳定引起水资源日益紧张, 如何有效利用有限的资源, 提高水分、养分的利用效率已成为农业工作者共同关注的焦点问题^[1]。另外, 常年传统连续翻耕作业引起土壤压实, 犁底层密度增大、通透性下降等对作物生长不利。采用适宜的土壤耕作方式不仅可以改善土壤特性, 还可提高田间水分利用效率, 达到保水增产的目的。土壤耕作方式主要是通过改变土壤界面如土根界面、土气界面的自然结构状态来增加土壤持水和蓄水能力。众多研究表明: 土壤耕作是对作物生产影响最大的因素

之一, 同时在土壤特性(容重、硬度、团聚体、土壤蓄水量、入渗)方面也存在差异。为此, 本试验通过大田试验研究, 探讨和分析了不同土壤耕作方式对土壤物理特性的影响, 旨在为旱地麦田土壤改良和蓄水保墒高产栽培提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕西合阳县甘井镇, 前茬作物为玉米, 供试品种为晋麦 47。试验地地势平坦, 土壤为黑垆土, 供试土壤基本性质见表 1。1976~2006 年平均降雨量为 537.98 mm 。

表 1 试验开始前供试土壤基本性质

Table 1 Basic properties of the study soil

土层深度(cm) Soil depth	容重(g/cm^3) Bulk density	土壤空隙度(%) Void content	$>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量(%) (干筛法) Diameter $>0.25\text{ mm}$ aggregates content (Dry sieving)	$>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量(%) (湿筛法) Diameter $>0.25\text{ mm}$ aggregates content (Wet sieving)
0~10	1.27	52.19	83.21	24.15
10~20	1.34	49.60	88.08	29.08
20~30	1.47	45.51	91.79	33.60
30~40	1.44	46.31	91.33	48.16

1.2 试验处理

试验于 2007 年 9 月~2008 年 6 月实施, 试验共

设置免耕(No-tillage)、深松(Sub-soiling)、翻耕(Deep flowing)³个处理。每个处理重复 3 次, 共 9 个小区。

收稿日期: 2008-10-05

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD29B03); 国家自然科学基金(30771280)

作者简介: 赵洪利(1984—), 男, 黑龙江鹤岗人, 硕士研究生, 主要从事旱区资源高效利用研究。E-mail: zhlcml@163.com。

* 通讯作者: 李 军, E-mail: junli@nwsuaf.edu.cn。

小区面积 $22.5\text{ m}\times5\text{ m}=112.5\text{ m}^2$ 。其中深松间距 60 cm ，深度 $30\sim35\text{ cm}$ ，全面翻耕 $20\sim25\text{ cm}$ ，施肥水平均为 $\text{N }150\text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5\text{ }120\text{ kg/hm}^2$ 、 $\text{K}_2\text{O }90\text{ kg/hm}^2$ ，人工播前撒肥、旋耕播种。

1.3 测试项目与方法

土壤容重和土壤含水量的测定时期为 2007—09—20(冬小麦播前)、2007—11—15(越冬期)、2008—04—15(挑旗期)、2008—05—15(灌浆期)和 2008—06—15(收获期)；土壤硬度、土壤团聚体和土壤入渗在收获末期。

土壤容重用环刀取原状土 3 次平均；土壤硬度采用 CP40II 型土壤硬度计对不同耕作处理的 0~56 cm 土层进行测定，每个处理设 4 次重复以平均值计；土壤团聚体采用干筛^[2]和湿筛法；土壤水分采用铝盒法；土壤蓄水量的计算 $v=\rho\times h\times\omega\times10$ ，其中 v 为土壤水分总贮存量(mm)； ρ 为地段实测土壤容重(g/cm^3)； h 为土层厚度(cm)； ω 为土壤水分(%)；入渗采用注水法^[3]。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对土壤容重的影响

图 1 为 10~15 cm 土层内，冬小麦不同生育时期不同耕作方式下的土壤容重的测定结果，从图中可以看出，土壤处理前的容重皆为 1.344 g/cm^3 ，翻

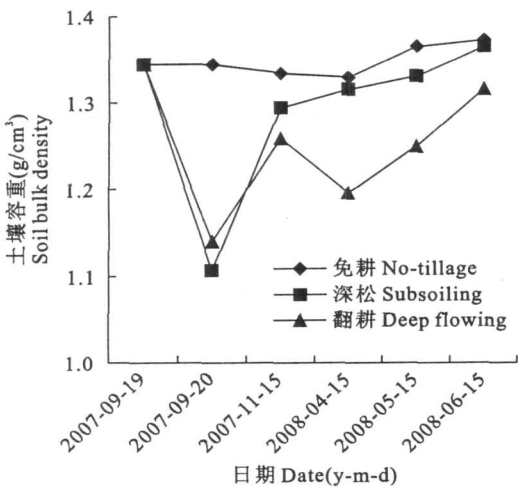


图 1 不同耕作方式对不同时期麦田 10~15 cm 土层土壤容重的影响

Fig.1 Effect of different tillage treatments on soil bulk density of different wheat growth stages in 10~15 cm soil layer

耕和深松耕作方式，使得土壤容重迅速下降，且显著低于免耕。随着生育时期的延长，翻耕和深松处理的土壤容重都迅速升高，经过冬季土壤冻融作用，次年容重有所下降。到收获期时各耕作处理均达到最大值，其中免耕、深松和翻耕分别为 1.373 g/cm^3 、 1.365 g/cm^3 和 1.316 g/cm^3 。

由于免耕不进行土壤耕作，在土壤自身的重力作用以及降雨等外界因素的影响下，其土壤容重要高于深松和翻耕。同一生育时期的土壤容重皆为免耕>深松>翻耕，表明耕作因素对土壤容重的影响非常大。图 2 的变化趋势与图 1 大体相似，冬小麦各生育期土壤容重呈 v 字形，且同一耕作方式下，25~30 cm 土层的土壤容重明显高于 10~15 cm 土层的土壤容重。

2.2 不同耕作方式对不同耕层深度土壤硬度的影响

图 3 可知，在 3 种耕作方式处理过的地块上，不同耕层土壤硬度呈连续增长趋势；在 8~24 cm 土壤耕层中，土壤硬度的变化趋势为免耕>深松>翻耕；在 26~40 cm 土壤耕层范围内，免耕和深松交错上升，且都明显高于翻耕的土壤硬度值；42~56 cm 深度范围内，土壤硬度的变化大体趋势是免耕>深松>翻耕；但在耕层 2~6 cm，土壤硬度值没有明显差别，原因可能是由于拖拉机和农具行走装置压实造成。

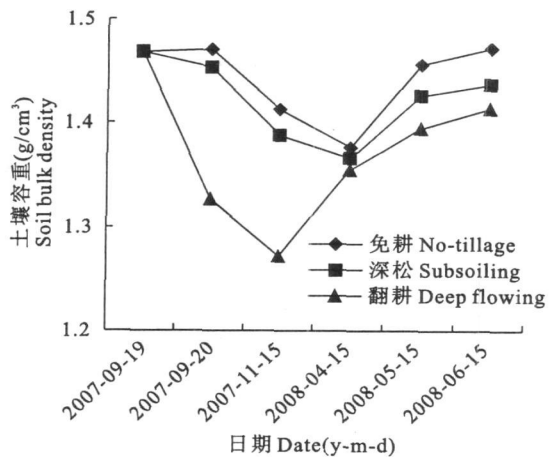


图 2 不同耕作方式对不同时期麦田 25~30 cm 土层土壤容重的影响

Fig.2 Effect of different tillage treatments on soil bulk density of different wheat growth stages in 25~30 cm soil layer

2.3 不同耕作方式对土壤团聚体的影响

土壤团聚体是土壤养分的“贮藏库”，其数量的

多少一定程度上反映了土壤供储养分能力的高低。不同处理下分别对土壤团聚体干筛和湿筛显著性分

析结果见表2。由表中数据可以看出,在干筛法中,3种耕作处理下的所有层次的 $>0.25\text{ mm}$ 土壤团聚体含量都在70%以上,免耕最高,翻耕最低。免耕在 $0\sim10\text{ cm}$ 土层的 $>0.25\text{ mm}$ 土壤团聚体含量与各

处理间没有显著差异,但在 $10\sim40\text{ cm}$ 土层内,都显著高于深松和翻耕($P=0.05$)。深松和翻耕处理相比,干筛 $>0.25\text{ mm}$ 的团聚体含量在所有相同层次间都没有显著的差异,都在71.88%~87.06%之间。

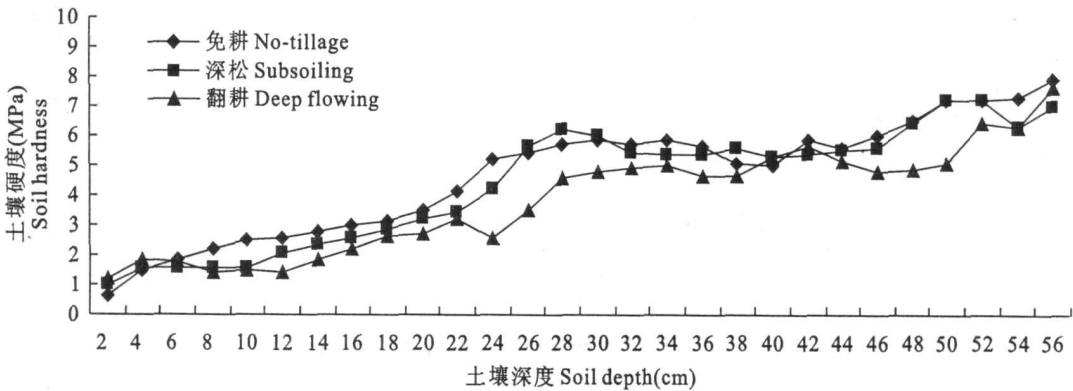


图3 不同耕作方式对麦田不同深度土壤硬度的影响

Fig.3 Effect of different tillage treatments on soil hardness of different soil depth

表2 不同耕作处理干湿筛下的 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量(%)

Table 2 Macro-aggregates content by dry and wet sieving under different tillage systems

土层深度 Soil depth (cm)	$>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量(%) (干筛法) Diameter $>0.25\text{ mm}$ aggregates content (Dry sieving)			$>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量(%) (湿筛法) Diameter $>0.25\text{ mm}$ aggregates content (Wet sieving)		
	免耕	深松	翻耕	免耕	深松	翻耕
	No-tillage	Sub-soiling	Deep plowing	No-tillage	Sub-soiling	Deep plowing
0~10	72.89DEF	72.42Ef	71.88Ef	25.98Aa	21.71Bb	20.81Bb
10~20	82.43Cd	77.14De	74.85DEef	20.74Bb	20.01BCbc	15.98CDde
20~30	89.25ABab	87.06Bbc	85.36BCcd	17.40BCDcd	15.36Dde	15.23Dde
30~40	92.16Aa	88.74ABbc	87.75ABbc	14.04Dde	12.88DEe	8.83Ef

注:在同一行,大写字母代表统计检验1%水平差异显著,小写字母代表统计检验5%水平差异显著。下同。
Note: On the same line, capital letters stand for significance at 1%, lowercase letters stand for significance at 5%. They are the same in the followings.

湿筛法获得的团聚体是土壤中的水稳性团聚体,水稳性团聚体对保持土壤结构的稳定性有重要的贡献,因而比非稳性团聚体更为重要。从表4可以看出,湿筛处理下水稳性团聚体的 $>0.25\text{ mm}$ 团聚体含量最高为25.98%,远小于干筛处理下的最小值71.88%,说明该土壤的土壤团聚体大部分为非水稳性团聚体,水稳性团聚体的数量较少。分析发现,不同耕作方式会导致土壤团聚体的含量发生变化,免耕和深松处理有利于 $0\sim20\text{ cm}$ 耕层土壤团聚体的形成,并且具有较高的水稳性(20%以上);免耕处理下的 $0\sim40\text{ cm}$ 土层的水稳性团聚体数量均大于深松和翻耕,且在 $0\sim10\text{ cm}$ 土层中与之达到了极显著水平,在 $30\sim40\text{ cm}$ 土层,免耕和翻耕差异极显著。说明免耕有利于土壤水稳性团聚体的形成,而翻耕使耕层内有机质矿化速度加快,有机-无机复合胶体含量下降,使得土粒间粘合力下降,水稳性团聚体减少。

但是,不同耕作处理收获期 $>0.25\text{ mm}$ 土壤团聚体含量皆小于冬小麦耕作处理前,其中免耕较冬小麦耕作处理前干筛和湿筛分别每层平均下降5%和42%。

2.4 不同耕作方式对土壤蓄水量动态变化的影响

由图4可知,在2007年9月20日冬小麦播前 $0\sim200\text{ cm}$ 的土壤蓄水量为528.5 mm,在2007年11月15日小麦越冬期至2008年6月15日小麦收获期,免耕的土壤蓄水量均高于深松和翻耕处理,且在灌浆期时达到了显著水平。这表明免耕模式可显著增加土壤蓄水量。对不同时期冬小麦土壤蓄水量与该时期降水量进行相关分析,免耕、深松和翻耕不同时期冬小麦的土壤蓄水量与降水量均未达到显著水平。这表明冬小麦土壤蓄水量受降水量的影响较小,其蓄水差异主要由耕作措施引起。降水量为该点至前一点这个时间段降水量的总和。

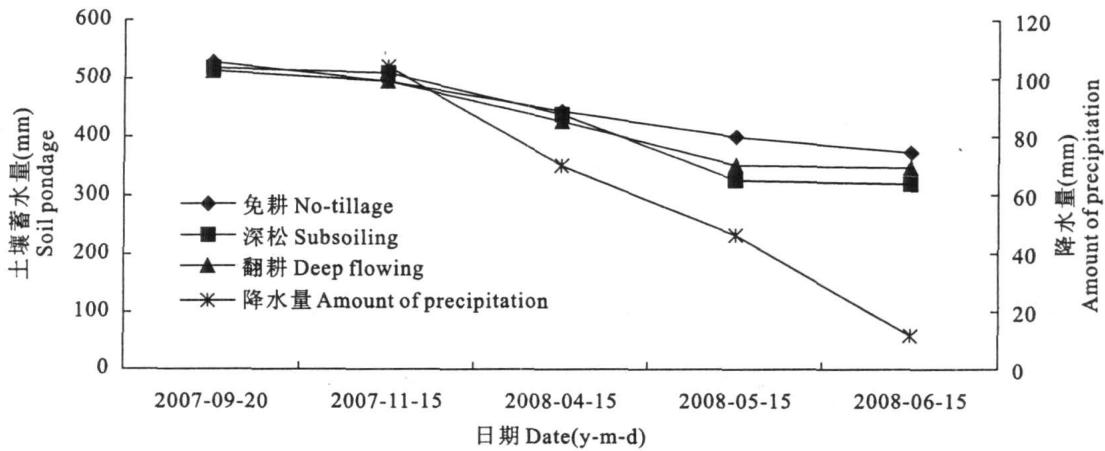


图 4 耕作方式对冬小麦不同生育时期 0~200 cm 土层土壤蓄水量的影响

Fig.4 Effect of different tillage systems different winter wheat growth stages on soil pondage in 0~200 cm soil layer

2.5 不同耕作方式对冬小麦收获期水分入渗的影响

由图 5 可知,3 种耕作方式的地块随着降水量的增加,冬小麦收获期水分入渗速率逐渐减少;且不同耕作方式水分入渗速率为免耕>深松>翻耕。在 5 mm 至 25 mm 降水时,由于免耕处理对土壤扰动较少,免耕处理水分平均入渗速率为 2.25 mm/min,比深松和翻耕分别快 1.46 倍和 1.80 倍;在 30 mm 至 45 mm 降水时,免耕处理水分平均入渗速率为 0.79 mm/min,比深松和翻耕分别快 1.55 倍和 1.71 倍,但深松和翻耕水分入渗速率趋于相近。

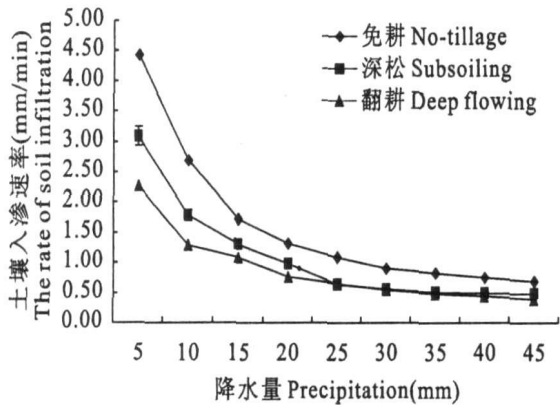


图 5 不同耕作方式对冬小麦收获期水分入渗的影响

Fig.5 Effect of different tillage measures on soil water infiltration in winter wheat harvest

3 讨论

作物生长发育需要松紧适宜的土壤环境^[4],过松过紧都不利作物生长。大量研究指出,保护性耕作对改善土壤结构具有显著作用,尤其是增加土壤水稳性团聚体含量或增强团聚体的稳定性^[5~7],改

善土壤孔隙状况,减少大、中孔隙数量,增加小孔隙数量,维持毛管孔隙度相对稳定^[8,9]。但在保护性耕作对土壤容重影响的研究方面有很大分歧。有研究认为,免耕使土壤容重增加^[10~12];有人则认为,免耕仅使表层土壤容重增加^[7,9],或免耕使土壤容重降低^[13,14]。黄细喜等^[15]发现土壤本身对容重具有自调功能。耕作方式对土壤水分状况的研究也不尽相同。绝大多数研究表明,免耕对保持土壤水分具有明显作用^[16~18],主要是因为地面残茬既有延缓径流,增加降雨水分入渗的作用^[19,20],又可减少地面水分蒸发。但高绪科^[21]研究表明,免耕的蓄水能力不及深耕或深松,赵秉强^[22]也指出,连续运用形成犁底层隔水,更不利于土壤蓄水,其提水能力亦受到限制。

本研究结果表明,免耕处理的土壤容重和硬度皆大于深松和翻耕;但有利于土壤团聚体的形成,并且具有较高的水稳性,这可能由于深松和翻耕扰乱了土层结构,土壤团聚体被粉碎,导致团聚体数量减少,而免耕不受人为破坏,使土壤各级团聚体在各种自然因素作用下形成,从而出现免耕土壤团聚体数量大于深松和翻耕的情况;其土壤蓄水量也高于深松和翻耕处理,免耕与降雨量的相关系数大于深松和翻耕。这说明免耕处理能够保持更多的自然降水,涵养更多的水分,减少水分的下渗与蒸发。随着降水量的增加,冬小麦收获期水分入渗速率逐渐减少;且不同耕作方式水分入渗速率为免耕>深松>翻耕。在 25 mm 至 45 mm 降水时,深松和翻耕水分入渗速率趋于相近。

参考文献:

[1] 王会肖,刘昌明.作物水分利用效率内涵及研究进展[J].水利

学进展, 2000, 11(1): 99—104.

[2] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 514—518.

[3] 许明祥, 刘国彬, 卜崇峰, 等. 圆盘入渗仪法测定不同利用方式土壤渗透性试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 54—58.

[4] 高绪科. 土壤紧实度与作物生长[J]. 土壤肥料, 1987, (3): 7—19.

[5] 王鸿斌, 王洪英, 徐金荣, 等. 不同耕作方式对黑土结构性的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2005, 27(6): 658—662.

[6] 周 虎, 吕盼忠, 杨志臣, 等. 保护性耕作对华北平原土壤团聚体特征的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 1973—1979.

[7] 严 洁, 邓良基, 黄 剑. 保护性耕作对土壤理化性质和作物产量的影响[J]. 中国农机化, 2006, (2): 31—34.

[8] 许 迪. 夏玉米耕作方式对耕层土壤特性时间变异性的影响[J]. 水土保持学报, 2000, 14(1): 64—70.

[9] 孙利军, 张仁陟, 黄高宝. 保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 207—211.

[10] 刘世平, 沈新平, 黄细喜. 长期少免耕土壤供肥特征与水稻吸肥规律的研究[J]. 江苏农业研究, 1995, 16(2): 77—80.

[11] 刘建忠, 师江澜, 雷金银, 等. 毛乌素沙地南缘不同免耕农田土壤理化性质及玉米产量差异分析[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(6): 29—34.

[12] Cassel D K. Tillage effects on corn production and soil physical conditions[J]. Soil Science Society of America journal, 1995, 59(5): 1436—1443.

[13] Aase J K, Pikul J L. Crop and soil response to long term tillage practice in the northern Great Plains[J]. Agronomy Journal, 1995, 87(4): 652—656.

[14] Karlen D L, Berrly P C, Colvin T S, et al. Twelve year tillage and crop rotation effects on yields and soil chemical properties in northeast Iowa. Commun[J]. Soil Sci Plant Annal, 1991, 22: 1895—2003.

[15] 黄细喜. 土壤自调性与少免耕法[J]. 土壤通报, 1987, 18(3): 111—114.

[16] Brandt S A. Zero and conventional tillage and their effects on crop yield and moisture[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1992, 72: 679—688.

[17] 姚宇卿, 王育红, 吕军杰. 保持耕作麦田水分动态及水土流失的研究[J]. 土壤肥料, 2002, (5): 8—10.

[18] 李友军, 吴金芝, 黄 明. 不同耕作方式对小麦旗叶光合特性和水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 44—48.

[19] 苏子友, 杨正礼, 王德莲, 等. 豫西黄土坡耕地保护性耕作保水效果研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 6—8, 18.

[20] 王晓燕, 高焕文, 杜 兵, 等. 保护性耕作的不同因素对降雨入渗的影响[J]. 中国农业大学学报, 2001, 6(6): 42—47.

[21] 高绪科. 半湿润旱区春作农田土壤耕作研究[J]. 土壤肥料, 1990, (3): 1—4.

[22] 赵秉强. 小麦玉米两熟制农田轮耕的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 1991.

Effect of different tillages on soil physical properties of dryland wheat field in the Loess Plateau

ZHAO Hong-li¹, LI Jun^{1,2}, JIA Zhi-kuan¹, WNAG Chun-xue¹, WANG Lei¹
(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau;
Institute of Soil and Water Conservation, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Experiment was conducted to study the effect of different tillage measures on soil physical porperties of winter wheat field. The results showed that, in no-tillage treatment, soil bulk density and soil hardness, increased; soil macro-aggregates dry sieving content increased by 3% and 5% over sub-soiling and deep plowing, but decreased by 5% compared with winter wheat soil preparatio; soil macro-aggregates wet sieving content increased by 11% and 32% over sub-soiling and deep flowing, but decreased by 42% compared with winter wheat preparation. At the harvest time, no-tillage could inhibit soil water evaporation, and soil water storage capacity was 373.1 mm, increasing by 17% and 8% over sub-soiling and deep plowing;with the increase of precipitation, the rate of water infiltration gradually reduced, and water infiltration rate of different tillage methods was in the order of no-tillage>sub-soiling >deep plowing.

Keywords: cultivation; soil bulk density; soil hardness; soil macro-aggregates; soil water storage capacity; infil-tration