

保护性耕作对黄土高原春玉米田土壤理化特性的影响

刘鹏涛¹, 冯佰利¹, 慕芳¹, 苏旺¹, 徐芦¹, 蔡晓青²,
刘月仙³, 朱瑞祥¹, 薛少平¹

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省黄陵县农机局, 陕西 黄陵 727300; 3. 陕西省黄陵县原种繁殖农场, 陕西 黄陵 727300)

摘要: 为了探索黄土高原春玉米区保护性耕作农田土壤理化特性变化, 测定分析了保护性耕作处理第二年春玉米生长不同时期农田土壤容重、水分和养分变化。结果表明, 保护性耕作处理在玉米生长前期 0~10 cm 土壤容重呈下降趋势且小于传统耕作, 但后期增加幅度较大; 与传统耕作相比保护性耕作能显著增加玉米生长前期表层 0~60 cm 和后期 100~200 cm 土壤含水量, 有较好保水、蓄水作用; 保护性耕作下表层 0~20 cm 土壤养分指标除全磷外, 均表现为稳定升高趋势, 且能有效提高土壤全钾和速效钾含量; 土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷含量低于传统耕作, 但变异系数较小。

关键词: 黄土高原; 保护性耕作; 土壤容重; 土壤水分; 土壤养分

中图分类号: S153.6; S152; S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0171-05

干旱缺水、水土流失、沙尘一直是黄土高原地区所面临的主要问题, 尤其是近年来农业生态环境的恶化问题给当地农业经济发展造成了严重的阻碍。由传统翻耕的耕作方式造成的农田大面积长时间裸露, 加速了环境的恶化。保护性耕作是针对传统耕作弊端而发展的一种耕作技术, 其通过少耕、免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖、合理种植等综合配套措施, 从而减少农田土壤侵蚀, 保护农田生态环境, 并获得生态效益、经济效益及社会效益的协调发展^[1-3]。因此发展与当地农业环境配套的保护性耕作技术体系, 对于黄土高原春玉米区农业持续发展及当地生态环境改善具有重要意义。

不同土地利用方式将引起土壤性质(如土壤物理、化学和生物学特性)的变化, 合理的土地利用方式可以改善土壤结构, 增强土壤对外界环境变化的抵抗力^[4,5]。保护性耕作通过秸秆覆盖, 减少耕作次数等途径, 改变土壤结构和容重, 调节土壤水气分配, 进而使土壤的水、肥、气、热状况重新组合。不同耕作模式对土壤理化特性的影响已有不少研究, 但对于黄土高原春玉米田保护性耕作条件下土壤理化特性的动态变化研究尚未见详细报道^[2-7]。本文通过对黄土高原春玉米田保护性耕作技术实施第二年农田土壤容重、水分、养分指标变化的研究, 旨在探索保护性耕作方式下土壤理化特性动态变化规律, 为探索保护性耕作技术对农田土壤生态环境影响的

作用机理, 完善黄土高原春玉米保护性耕作技术体系提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试区概况

试验于 2006~2008 年在黄土高原中部高原沟壑区——陕西省黄陵县桥山镇进行。试验区海拔 1 000 m, 温带半湿润偏旱气候, 年均气温 9.3℃, 无霜期 170 d, 年均降水量 614 mm, 主要集中在 5~9 月份, 农业用水主要依靠自然降水, 属典型雨养农业地区。其地形地貌、气候条件、生产水平和经济条件在黄土高原中、南部具有典型代表性, 土壤类型为黄绵土, 有机质含量低, 土层绵软, 透水性及耕性良好。耕作制度为一年一熟春玉米。

1.2 试验设计

试验设 3 个处理: (1) 保护性耕作 (NT): 即碎耕浅旋秸秆全程覆盖, 前茬玉米收获时留秸秆一秸秆(切)碎浅耙(旋)镇压一免耕施肥播种一杂草控制一防病虫害, 处理面积 2.4 hm², 还田秸秆量约 1.0 × 10⁴ kg/hm²。(2) 传统耕作 + 秸秆还田 (TS): 前茬玉米收获时留秸秆一秸秆(切)碎浅耙(旋)镇压一铧式犁翻耕一浅耕施肥整地一露地条播一除草、防病虫害, 处理面积 0.4 hm², 还田秸秆量约 1.0 × 10⁴ kg/hm²。(3) 传统耕作 (CT): 前茬玉米收获后清除秸秆一铧式犁翻耕一旋耕镇压一浅耕施肥整地一露地条播一除

收稿日期: 2009-01-14

基金项目: 农业部先正达农业科教及农村发展项目“黄土高原春玉米保护性耕作技术体系及配套机具研究”

作者简介: 刘鹏涛(1984—), 男, 河南登封人, 硕士研究生, 主要从事作物高产生态生理研究。E-mail: dlpt@yahoo.com.cn。

通讯作者: 薛少平(1953—), 男, 陕西靖边人, 研究员, 主要从事保护性耕作技术及机具研究。E-mail: shaoping@nwsuaf.edu.cn。

草、防病虫害,处理面积 0.4 hm²。

春玉米每年 4 月 20 日播种,播量 45 kg/hm²;播种时基施尿素 225 kg/hm² 和磷酸二铵 225 kg/hm²。

1.3 测定方法

1.3.1 样品采集 样品采集于 2007 年,即试验处理第二年。采用 S 型多点取样法,分别于播种前(4 月 17 日)、拔节期(6 月 3 日)、抽雄期(7 月 28 日)和收获期(9 月 25 日)在试验地用土钻在 0~20 cm 土层取样,剔除石块、植物残根等杂物混合后四分法留 1 kg 左右,实验室内风干研磨过筛,供测定用。

1.3.2 土壤容重和水分测定 土壤容重采用环刀法,取样深度为 0~10 cm,重复 3 次。土壤水分采用烘干法,取样深度 0~200 cm,每 20 cm 取样 1 次,重复 3 次。土壤储水量采用以下公式计算:

$$W = h \times p \times b\% \times 10$$

式中, W 为土壤储水量(mm); h 为土层深度(cm); p 为土壤容重(g/cm³); $b\%$ 为土壤水分重量百分数。

1.3.3 土壤养分测定 全氮采用半微量凯氏定氮法,全磷采用 HClO₄-H₂SO₄ 消解钼锑抗比色法,全钾采用 NaOH 熔融火焰光度法,速效氮采用氢氧化钠—硼酸碱解扩散法,速效磷采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提比色法,速效钾采用 0.5 mol/L NH₄OAc 浸提火焰光度法,有机质采用重铬酸钾外加热法^[8]。

1.3.4 数据处理 采用 SAS V8 和 EXCEL2003 进行数据处理。多重比较采用 DUNCAN 新复极差法测验。

2 结果与分析

2.1 不同耕作处理农田土壤表层容重变化

保护性耕作处理第二年,不同耕作处理土壤容重变化趋势差异明显(图 1)。播前不同处理间土壤容重相差不大,均小于 1.30 g/cm³;拔节期 CT 处理土壤容重显著高于 NT 和 TS 处理,高出 22.0%~27.4%;抽雄期和收获期 NT 和 TS 处理下土壤容重回升,显著高于 CT 处理。从整个玉米生长时期来看,NT 和 TS 处理变化趋势相似,为先下降至拔节期,后逐步升高;而 CT 处理则为拔节期前升高,随后下降,至抽雄期后有一定回升。NT 和 TS 处理下土壤容重虽前期有一定减少但后期增加较多,收获时比播种前分别增加 4.5% 和 22.3%,且均超过 1.30 g/cm³;而 CT 处理则虽表现为先增加再减少后期又增加的变化趋势,但收获时比播种前减少 4.8%。NT 和 TS 处理前期土壤容重的下降受秸秆

粉碎还田影响较大,后期随着表层土壤水分保持和土壤自身重力沉降,容重逐渐增加。而 CT 处理由于前期田间人力作业踩踏,容重增加,不利于春玉米出苗和苗期根系发育;其后由于表层水分散失,土壤结构松散而下降,至抽雄期以后玉米植株完全遮盖地表,才表现与其他处理同样增加趋势。

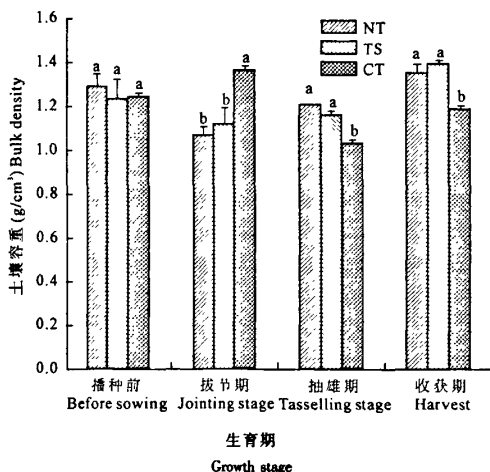


图 1 不同处理土壤容重变化

Fig.1 Soil bulk density of different treatments

注 Note: NT:保护性耕作 No tillage; TS:传统耕作+秸秆还田 Conventional tillage + straw returning; CT:传统耕作 Conventional tillage. 不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。下同。Different small letters indicate significant differences ($P < 0.05$) in the enzyme activities at same stage. The same as below.

2.2 不同耕作处理下农田土壤水分状况变化

保护性耕作处理第二年春玉米生长时期内,不同处理 0~200 cm 土层土壤含水量变化有明显不同(图 2),NT 处理下土壤水分状况要好于其他处理。NT 处理在播种前 0~60 cm 深度土壤和收获时表层 0~20 cm 土壤和深层 80~200 cm 土壤中均表现比 TS 和 CT 处理明显高的含水量;CT 处理在播种前表层土壤中土壤含水量最低,TS 处理在播种前和拔节期 180~200 cm 土层中水分含量最低。NT 处理前期土壤表层良好的水分状况有利于春玉米前期营养生长和根系发育。

从 0~200 cm 土壤储水量的变化来看(图 3),NT 处理在增加土壤储水量方面表现出明显的优势,较 TS 处理高出了 1.0%~5.2%,较 CT 处理高出 2.3%~5.8%。而 CT 处理虽然在前期高于 TS 处理,甚至在拔节期略高于 NT 处理,但在后期明显低于其他处理,与其土壤表面无秸秆等覆盖,降雨后水土保持能力差有一定关系。

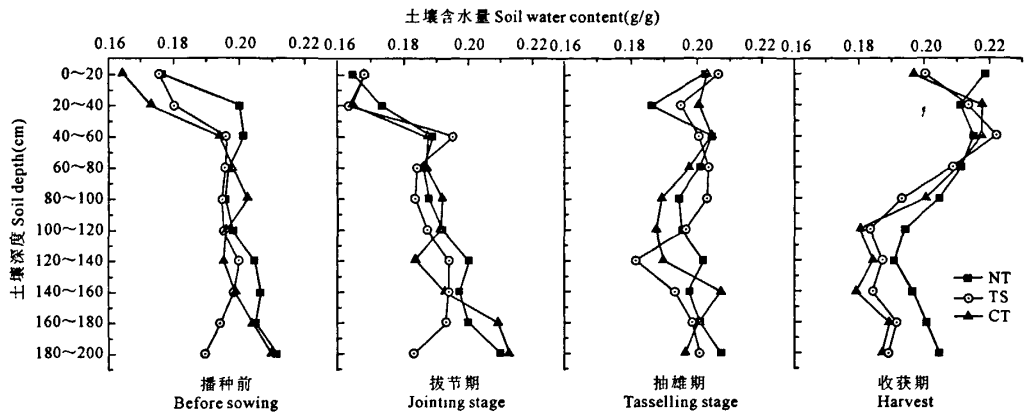


图 2 不同处理不同时期土壤含水量变化

Fig.2 Soil water content of different treatments at different stages

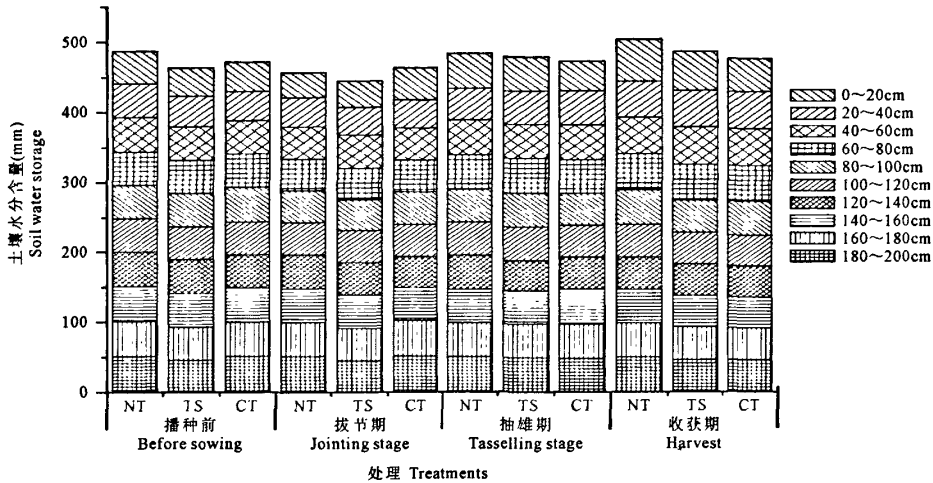


图 3 不同处理不同时期土壤储水量变化

Fig.3 Soil water storage of different treatments at different stages

2.3 不同耕作处理农田土壤养分变化

不同耕作处理 0~20 cm 土壤不同养分指标随玉米生长时期变化差异明显(表 1)。有机质含量 NT 和 CT 处理收获期比播种前分别增加 0.79 g/kg 和 0.35 g/kg,TS 处理则为降低。全氮含量 NT 处理全收获时比播种前增加 0.17 g/kg;CT 处理增加 0.11 g/kg,但整个时期变异较大。速效氮含量仅有 NT 处理后期与前期相比为增加趋势,增加 4 mg/kg;CT 处理变异系数太高,含量不稳定。不同处理全磷含量比较稳定,后期有稍微下降。速效磷含量 NT 和 CT 处理收获时与播种前相比表现为增加趋势,分别增加 2.8 mg/kg 和 1.7 mg/kg,但二者整个时期变异系数较大,速效磷含量不稳定;TS 处理降低了 3.5 mg/kg。全钾含量 NT 和 TS 处理后期与前期相比均为上升趋势;CT 处理表现为下降,且变异系数较大。

速效钾含量变化与全钾含量类似,NT 和 TS 处理分别增加 5 mg/kg 和 3 mg/kg,CT 处理降低 6 mg/kg。

不同处理之间,NT 和 TS 处理全钾和速效钾高于 CT 处理,说明秸秆还田能有效增加土壤钾素营养;NT 和 TS 处理有机质、全氮、速效氮、速效磷含量低于 CT 处理,分析其原因除大田地力差异外,还田秸秆腐烂分解需要消耗土壤中氮素营养和速效磷也有一定作用;不同处理在全磷含量上差异不大,NT 处理略高。从整个玉米生长时期来看,CT 处理速效氮和速效磷含量变异系数较大,分别为 85.54% 和 48.57%,说明翻耕对土壤扰动影响大,使土壤有效养分不稳定;NT 处理除速效磷变化较大外,其他养分变化均较为稳定,且收获期相比播种前除全磷含量外均为增加趋势,说明 NT 处理下土壤养分有稳定升高趋势。

表 1 不同处理土壤养分指标变化

Table 1 Soil nutrient indexes of different treatments at different stages

处理 Treatments	时期 Stage	有机质 OM (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	速效氮 Available N (mg/kg)	全磷 Total P (g/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	全钾 Total K (g/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)
NT	播种前 Before sowing	7.49 ± 0.37	0.85 ± 0.04	59 ± 2.95	0.67 ± 0.03	6.4 ± 0.32	18.4 ± 0.92	100 ± 5.00
	拔节期 Jointing stage	8.61 ± 0.43	1.01 ± 0.05	72 ± 3.60	0.71 ± 0.04	9.9 ± 0.50	18.3 ± 0.92	135 ± 6.75
	抽雄期 Tasselling stage	7.98 ± 0.40	0.88 ± 0.04	64 ± 3.20	0.66 ± 0.03	4.7 ± 0.24	18.7 ± 0.94	102 ± 5.10
	收获期 Harvest	8.28 ± 0.41	1.02 ± 0.05	63 ± 3.15	0.59 ± 0.03	9.2 ± 0.46	18.7 ± 0.94	105 ± 5.25
	平均值 Mean	8.09	0.94	64.50	0.66	7.55	18.53	110.50
	变异系数 CV(%)	5.88	9.31	8.44	7.59	32.16	1.11	14.90
TS	播种前 Before sowing	8.22 ± 0.41	0.89 ± 0.04	64 ± 3.20	0.70 ± 0.04	10.8 ± 0.54	18.0 ± 0.90	102 ± 5.10
	拔节期 Jointing stage	7.59 ± 0.38	0.88 ± 0.04	97 ± 4.85	0.59 ± 0.03	9.6 ± 0.48	19.6 ± 0.98	120 ± 6.00
	抽雄期 Tasselling stage	8.42 ± 0.42	0.89 ± 0.04	60 ± 3.00	0.64 ± 0.03	8.0 ± 0.40	17.8 ± 0.89	99 ± 4.95
	收获期 Harvest	7.96 ± 0.40	0.91 ± 0.05	51 ± 2.55	0.61 ± 0.03	7.3 ± 0.37	18.7 ± 0.94	105 ± 5.25
	平均值 Mean	8.05	0.89	68.00	0.64	8.93	18.53	106.50
	变异系数 CV(%)	4.45	1.41	29.53	7.55	17.68	4.39	8.76
CT	播种前 Before sowing	8.30 ± 0.42	0.84 ± 0.04	69 ± 3.45	0.60 ± 0.03	5.5 ± 0.28	20.0 ± 1.00	105 ± 5.25
	拔节期 Jointing stage	8.20 ± 0.41	1.11 ± 0.06	150 ± 7.50	0.72 ± 0.04	12.8 ± 0.64	14.7 ± 0.73	99 ± 4.95
	抽雄期 Tasselling stage	8.39 ± 0.42	1.25 ± 0.06	335 ± 9.75	0.65 ± 0.03	16.6 ± 0.83	18.3 ± 0.92	102 ± 5.10
	收获期 Harvest	8.65 ± 0.43	0.95 ± 0.05	52 ± 2.60	0.59 ± 0.03	7.2 ± 0.36	19.6 ± 0.98	99 ± 4.95
	平均值 Mean	8.39	1.04	151.50	0.64	10.53	18.15	101.25
	变异系数 CV(%)	2.30	17.34	85.54	9.29	48.57	13.29	2.84

3 结论与讨论

刘建忠^[9]和罗珠珠^[10]等研究发现,免耕在初始阶段往往导致表层土壤容重增大。雷金银等^[11-15]研究认为,多年免耕和保护性耕作能有效降低表层土壤容重。本试验结果表明,春玉米保护性耕作处理第二年,保护性耕作和传统耕作+秸秆还田处理前期土壤容重小于传统耕作,有利于苗期作物生长和根系发育,后期增加幅度大于传统耕作。因此,连续多年进行保护性耕作,由于秸秆还田和土壤微生物活性高,造成休闲期土壤生物耕作作用强烈^[11]等正面效应不断积累,土壤通气状况得到改善,表层土壤容重降低。

李玲玲等^[16]研究认为,免耕秸秆覆盖对表层土壤水分含量影响较大,在作物播种期可以减少表层水分蒸发,显著增加表层土壤含水量。秦红灵等^[17]研究认为,免耕地与翻耕地相比具有较好的贮水能力。马月存等^[18]研究认为,农牧交错带农田残茬覆盖能明显增加土壤水分状况。易镇邪等^[19]研究也发现同样结果。本研究结果表明,春玉米保护性耕作处理能显著增加表层土壤水分,明显提高土壤储水量,满足作物根系生长需要。同时,在作物生长后期传统耕作土壤储水量较低,表明其积蓄降雨能力

较差。

黄土高原保护性耕作第二年,保护性耕作土壤养分有机质、全氮、速效氮、速效磷含量低于传统耕作,但能有效提高土壤全钾和速效钾含量,且除全磷外各养分指标均有稳定升高趋势。易镇邪等^[19]研究认为,免耕和秸秆覆盖可提高土壤含水量,能提高土壤有机质、速效钾和有效磷含量,同时造成碱解氮下降。张锡洲等^[12]研究发现,水旱轮作条件下不进行秸秆覆盖长期免耕土壤有机质、全氮、速效氮、速效磷含量随免耕年限的增加而增加。马林等^[20]研究发现,免耕覆盖处理对提高土壤有机质、碱解氮和速效磷养分含量效果最佳,秸秆还田处理次之,但均高于对照翻耕处理。本试验结果在土壤钾元素变化方面与前人研究结果相近^[11-15,17,19-21]。但由于黄土高原试验地气候干旱,水分条件不足,秸秆还田后需要经过较长时间去腐化分解,且在前期微生物分解过程中也会消耗一定的氮和磷素营养,在提高土壤有机质和氮磷养分含量方面保护性耕作尚未表现出优势。

本试验中保护性耕作处理虽然在土壤水分改善和提高钾素营养方面作用明显,但由于持续时间较短,其对土壤生态环境改善作用的潜力还没有完全发挥。有关黄土高原保护性耕作农田土壤养分变化

还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 高焕文,李问盈,李洪文.中国特色保护性耕作技术[J].农业工程学报,2003,19(3):1—4.
- [2] 鲁向晖,隋艳艳,王飞,等.保护性耕作技术对农田环境的影响研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(3):66—72.
- [3] 谢瑞芝,李少昆,李小君,等.中国保护性耕作研究分析——保护性耕作与作物生产[J].中国农业科学,2007,40(9):1914—1924.
- [4] 田慧,谭周进,屠乃美,等.少免耕土壤生态学效应研究进展[J].耕作与栽培,2006,(5):10—12.
- [5] 朱启红.免耕对土壤环境的影响研究[J].农机化研究,2008,(11):234—236.
- [6] 李新举,张志国,赵美兰,等.免耕对土壤养分的影响[J].土壤通报,2000,31(6):267—269.
- [7] 杨景成,韩兴国,黄建辉,等.土壤有机质对农田管理措施的动态响应[J].生态学报,2003,23(4):787—796.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版)[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [9] 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.
- [10] 罗珠珠,黄高宝,张国胜.保护性耕作对黄土高原旱地土壤容重和水分入渗的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(4):7—11.
- [11] 雷金银,吴发启,马瑞,等.毛乌素沙地南缘保护性耕作措施对土壤物理性质的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(3):161—166.
- [12] 张锡洲,李廷轩,余海英,等.水旱轮作条件下长期自然免耕对土壤理化性质的影响[J].水土保持学报,2006,20(6):145—147.
- [13] 孙利军,张仁陟,黄高宝.保护性耕作对黄土高原旱地土壤理化性状的影响[J].干旱地区农业研究,2007,25(6):207—211.
- [14] 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,2005,(2):31—34.
- [15] Singh B, Chanasyk D S, McGill W B, Nyborg M P K. Residue and tillage management effects on soil properties of a typical cryoborol under continuous barley[J]. Soil and Tillage Research, 1994,32:117—133.
- [16] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等.不同保护性耕作措施对旱作农田土壤水分的影响[J].生态学报,2005,25(9):2326—2332.
- [17] 秦红灵,高旺盛,马月存,等.免耕对农牧交错带农田休闲期土壤风蚀及其相关土壤理化性状的影响[J].生态学报,2007,27(9):3778—3784.
- [18] 马月存,秦红灵,高旺盛,等.农牧交错带不同耕作方式土壤水分动态变化特征[J].生态学报,2007,27(6):2523—2530.
- [19] 易镇邪,周文新,屠乃美,等.免耕和秸秆覆盖对旱地玉米抗旱性与土壤养分含量的影响[J].农业现代化研究,2007,28(4):490—493.
- [20] 马林,孟凡德,石书兵,等.不同耕作方式下土壤肥力的动态变化[J].甘肃农业大学学报,2008,43(2):100—104.
- [21] 田慎重,李增嘉,宁堂原,等.保护性耕作对农田土壤不同养分形态的影响[J].青岛农业大学学报(自然科学版),2008,25(3):171—176.

Effects of conservation tillage on soil physicochemical properties in the spring maize area of the Loess Plateau

LIU Peng-tao¹, FENG Bai-li¹, MU Fang¹, SU Wang¹, XU Lu¹, CAI Xiao-qing²,
LIU Yue-xian³, ZHU Rui-xiang¹, XUE Shao-ping¹

(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Huangling Agricultural Mechanism Bureau, Huangling, Shaanxi 727300, China;

3. Farm of Protospecies Reproduction, Huangling County, Huangling, Shaanxi 727300, China)

Abstract: The values of soil bulk density, water content and seven kinds of soil nutrient content (organic matter, total nitrogen, available nitrogen, total phosphorus, available phosphorus, total potassium and available potassium) were evaluated in an agricultural soil, located in the spring maize area of the Loess Plateau, with three treatments such as no tillage (NT), conventional tillage + straw returning (TS) and conventional tillage (CT), in order to study the effects of conservation tillage on the changes of physical and chemical properties of soil in this zone. Samples were collected during the second year from the arable layer and four different stages. The results showed that the soil bulk density in the 0 ~ 10 cm soil depth under the treatment of no tillage was lower than that under conventional tillage in prophase of maize growth, but had a larger increase in the later growing stage; compared to conventional tillage, no tillage made a significant increase in soil water of 0 ~ 60 cm soil depth in the prophase of maize growth and 100 ~ 200 cm soil depth in the dough stage, and had a better effect on water storage; the contents of organic matter, total nitrogen, available nitrogen and available phosphorus in soil depth of 0 ~ 20 cm under conventional tillage were higher than those under no tillage, but had bigger coefficients of variation, while no tillage kept a rising trend of stability in most soil nutrient contents and made a higher contents in total potassium and available potassium.

Key words: Loess Plateau; conservation tillage; soil bulk density; soil water; soil nutrient