

毛乌素沙地南缘保护性耕作对土壤化学性质的影响

雷金银, 吴发启*, 王 健, 李荣标

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 采用免耕(NT)、秸秆覆盖(SM)、覆膜(PM)和翻耕(CT)4种耕作措施, 研究保护性耕作对毛乌素沙地南缘土壤化学性质的影响。结果表明, 免耕和秸秆覆盖措施下表层 0~20 cm 土壤 pH 值低于覆膜、翻耕。免耕和秸秆覆盖措施下土壤有机质、碱解氮、速效钾和速效磷有明显的表层富集现象。随着耕作时间的变化, 不同耕作措施下土壤有机质和速效钾都有所增加, 免耕、秸秆覆盖、覆膜和翻耕有机质相对于试验开始前分别增加了 33.0%、32.3%、31.1%和 6.5%, 而碱解氮和速效磷有下降的趋势, 但保护性耕作条件下其下降率低于翻耕。保护性耕作不利于全氮的积累, 经过 3 年试验后, 免耕、秸秆覆盖和覆膜措施下的土壤全氮含量都低于翻耕。耕作措施对全磷的影响不大。说明保护性耕作是实现沙区农田生产力持续发展、保持土壤养分和防治土壤退化行之有效的措施。

关键词: 保护性耕作; 土壤化学性质; 土壤退化; 毛乌素沙地; 靖边县北部

中图分类号: S345 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0001-07

土地退化已是一个倍受世界关注的全球问题, 它长期影响着土地生产力和人类生存环境质量, 同时对土壤质量也有巨大的负面影响^[1~3]。土壤化学性质(如有机质、氮、磷、钾等)是土壤质量的三大指标(土壤化学性质、土壤物理性质和土壤微生物)之一。沙区农田土壤容易受到风蚀及水分损失的影响, 土壤退化严重, 土壤贫瘠, 有机质含量不高。保护可持续利用的土地资源和持续的土地生产力是该区农业生产的当务之急。土壤耕作作为一个重要的农业生产行为, 对土地生产力、土壤性质及环境有很大影响。保护性耕作是沙区农田保持地力和防治土地退化的重要途径, 近年来它被视为一种可以减少水土侵蚀, 维持土地生产力, 保持稳定的农业产量和土地不退化的可持续农业耕作技术^[4]。国外学者 Lal R^[2]在非洲热带淋溶土上经过 8 年的连续试验研究后指出: 随着耕作年限的增加土壤养分逐渐降低, 但是免耕措施的下降速度远远低于翻耕。Franz-luebber A J^[5]在美国南部连续 7 年对免耕和翻耕作了对比试验研究, 结果表明免耕措施下土壤有机 C 和 N 随着耕作年限呈线性增加, 且免耕加剧土壤养分分层。长期以来我国学者注重对保护性耕作保持土壤水分, 提高水分利用率等方面的研究。丁昆仑、王小彬、张海林和严洁等^[6~12]认为保护性耕作措施能够保持水土、改善土壤理化性质、提高土壤水分等。但是对土壤化学性质的影响研究较少, 且大多数研究只是进行简单的对比分析, 缺乏对土壤养分

随耕作时间动态变化特征的研究^[12~17]。土壤养分的变化是比较难以预测的, 它对各种影响因素是相当敏感的。因此要研究其变化机理, 在考虑耕作措施的同时, 还应该考虑耕作年限等问题^[18, 19]。

本文在生态脆弱的风沙区进行保护性耕作措施对土壤化学性质影响的研究, 目的在于研究长期连续不同耕作措施下土壤养分的动态变化特征。确定适合当地区域特征的保护性耕作措施, 为风沙区退化土壤地力恢复和农田土壤风蚀控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

靖边县地处毛乌素沙地南缘, 属陕西省北部(E108°17'~109°20', N36°58'~38°03'), 按地形特征可分为: 南部丘陵沟壑区和北部风沙滩原区。其中北部风沙滩原区占全县土地面积的 35.6%。该区属半干旱大陆性季风气候, 土壤以风沙土为主, 是毛乌素沙地南缘典型风沙区之一。年降水量约 395.4 mm, 降水变率大, 相对降水变率达到 18%, 年均气温 7.8℃, 风大且频, 年平均风速为 3.2 m/s, 年平均风速≥5 m/s 的日数平均为 41.7 d, 各月最多风向为西北风, 平均频率为 20%。区内土壤侵蚀主要表现为土壤风蚀沙化。

1.2 试验设计

2004~2006 年在靖边县农业局杨桥畔乡农业示范场进行了玉米保护性耕作试验研究。试验采用

收稿日期: 2008-03-04

基金项目: 农业科技成果转化基金项目“陕北农牧交错区农田综合防沙技术中试与转化”(03EFN217100323)

作者简介: 雷金银(1981-), 男, 宁夏西吉人, 博士生, 主要从事土壤侵蚀及流域管理研究。E-mail: lejinyin@yahoo.com.cn.

* 通讯作者: 吴发启(1957-), 男, 陕西黄陵人, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与流域管理研究。E-mail: wufaqi@263.net.

完全随机设计, 4 种处理方式, 3 个重复:

(1) 免耕(NT), 收获后留茬高度 25~30 cm, 秸秆全部收获。次年春播不翻耕, 硬茬播种。

(2) 秸秆覆盖(SM), 收获后留茬高度 25~30 cm, 全部秸秆留在田间覆盖地表。次年春播不翻耕, 硬茬播种。

(3) 覆膜(PM), 收获后留茬高度 25~30 cm, 秸秆全部收获, 来年春天采用传统翻耕一次, 深约 25~30 cm, 然后覆膜进行播种。

(4) 传统翻耕(CT), 收获后留茬 25~30 cm, 次年春播前采用传统铧犁翻耕 1 次, 深为 25~30 cm,

然后播种。

试验总计 12 个试验小区。每个试验小区的面积为 4.0 m×50.0 m。小区施肥都一致, 播种时施 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 300 kg/hm² 作为种肥, 在玉米生长中期和抽穗期分别追施 NH_4HCO_3 300 kg/hm² 和 450 kg/hm²。播种前 4 d, 为保证出苗, 田间浇水 1 次, 用杀虫剂(甲胺磷)与除草剂(乙草胺)来控制田间虫害及杂草。试验用玉米品种为中单 2 号。试验区土壤基本性质见表 1, 从全国土壤养分分级标准来看, 本试验区土壤等级属低水平级别。

表 1 试验区土壤基本性质

Table 1 Soil properties in experiment field

土壤性质 Soil properties	深度 Depth(cm)	平均值 Mean	变幅 Variable amplitude	变异系数(%) Variation coefficient
pH	0~20	8.65	8.60~8.68	6.75
	20~40	8.76	8.67~8.80	4.08
有机质(g/kg) SOM	0~20	5.89	4.44~6.43	11.57
	20~40	3.74	3.22~4.21	8.48
速效钾(mg/kg) Available K	0~20	93.81	71.86~107.01	11.82
	20~40	76.10	66.40~88.21	7.88
速效磷(mg/kg) Available P	0~20	10.41	4.42~20.36	41.70
	20~40	4.14	2.35~8.09	38.73
碱解氮(mg/kg) Available N	0~20	34.72	29.14~48.0	11.00
	20~40	22.68	18.19~32.75	17.06

1.3 测定项目与方法

在 2004~2006 年试验期间, 每年在玉米播种前和收获后采集土壤样品并测定, 依据玉米根系深度, 确定采样深度为 60 cm。采用 5 点法在每个小区分别在 0~20、20~40、40~60 cm 三个层次采取样品。然后混合制样以备分析其性质。测定方法依据土壤农化分析的常规方法^[20]。土壤 pH 值采用 1:1 水土混合液测定; 有机质采用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 容量法—外加加热法; 全氮采用半微量开氏法; 碱解氮采用碱解扩散; 全磷采用 $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{HClO}_4$; 速效磷采用 NaHCO_3 浸提—分光光度计; 速效钾采用乙酸氨浸提—火焰光度计法。

此研究的耕作时间从试验开始以耕作措施实施的月数计, 即第一个试验年开始经过 5 个月生长期, 然后进入 5 个月冬春季节的农田休闲期。依此类推, 经过三个试验年总计历时 30 个月。试验数据采用 SPSS 11.0 软件进行统计回归分析。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 值和有机质的变化

该试验区土壤呈碱性土壤, pH 值约 8~8.8 之间。不同的耕作措施对土壤酸碱度影响显著(图 1)。从垂直剖面来看, 传统翻耕和覆膜的表层 0~20 cm 土壤 pH 值明显高于免耕和秸秆覆盖, 分别为: 8.59、8.56、8.51 和 8.50。随着土壤深度的增加, 秸秆覆盖, 覆膜和翻耕措施下的土壤 pH 值都表现为以 40 cm 为一转折点, 呈现出两头大中间小的变化规律, 而免耕持续增加。以表层 0~20 cm 土壤为例, 随着耕作年限的增加, 免耕、秸秆覆盖措施下土壤 pH 值逐渐降低, 前两年变化不大, 第三年有很大的变化, 降低率分别为 7.6% 和 8%(表 2)。这与免耕和秸秆覆盖措施下作物残茬分解腐烂, 增加土壤腐殖质酸有关。相反, 翻耕措施增加土壤扰动, 致使大量 CO_2 逸出增加其 pH 值。

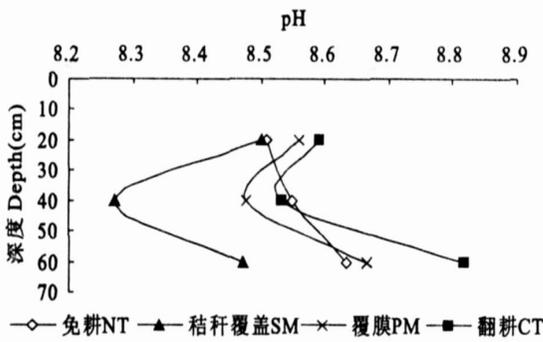


图 1 土壤 pH 值剖面分布特征

Fig.1 Distribution characters of soil pH

表 2 土壤 pH 值随耕作年限的变化特征

Table 2 Changes of soil pH with years of tillage system

措施 Measurement	2004	2005	2006	平均 Mean
免耕 NT	8.74	8.65	8.15	8.51
秸秆覆盖 SM	8.74	8.58	8.18	8.50
覆膜 PM	8.76	8.63	8.29	8.56
翻耕 CT	8.73	8.64	8.40	8.59

土壤有机质含量随着耕作措施的不同也有差异(图 2)。免耕、秸秆覆盖措施下的表层 0~20 cm 土壤有机质含量明显高于覆膜和翻耕,分别为 6.76、6.99、6.13 和 6.07 g/kg。各层次土壤有机质呈分层现象,有机质含量在各种措施下都表现为表层 0~20 cm 高于底层 20~40 cm 和 40~60 cm。由试

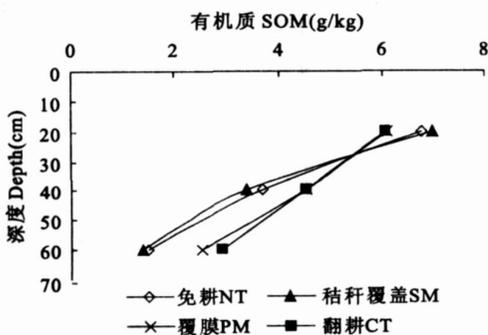


图 2 土壤有机质剖面变化特征

Fig.2 Vertical distribution character of SOM

2.2 土壤全氮和碱解氮的变化

耕作措施对土壤氮素的剖面分布影响不大(图 4)。各措施下全氮含量随着深度的变化趋势是一致的。免耕、秸秆覆盖、覆膜和翻耕措施下表层 0~20 cm 土壤全氮含量比 20~40 cm 分别高 1.63 倍、1.50 倍、1.44 倍和 1.55 倍。同样地,除覆膜措施下

验结果可以看出,免耕、秸秆覆盖、覆膜和翻耕措施下表层 0~20 cm 的土壤有机质含量分别比 20~40 cm 土层内有机质高 1.83 倍、2.06 倍、1.35 倍和 1.34 倍。免耕和秸秆覆盖随深度的增加迅速减低,而覆膜和翻耕下降趋势缓慢。免耕和秸秆覆盖措施下有机质呈现表层富集的现象,加剧土壤有机质分层。

在 2004~2006 年试验期间,随着连续的耕作措施的实施,有机质都有所增加(图 3),以 0~20 cm 为例,除翻耕在第一年试验期间变化有波动外,随后都持续缓慢增加,直至第三年收获后,免耕和秸秆覆盖有机质急剧增加,增加率远远高于覆膜和翻耕,免耕、秸秆覆盖、覆膜和翻耕有机质相对于试验开始前分别增加了 33%、32.3%、31.1%和 6.5%。这与上述土壤 pH 值的变化是相符的,有关文章也有类似的报道^[15,16]。这说明免耕和秸秆覆盖措施改善土壤肥力的作用在连续种植 2~3 年后才能初见成效。

通过回归分析,我们得出了不同耕作措施下土壤有机质(SOM)的耕作月数(M)变化的回归方程:

免耕: $SOM = 0.0104 M^2 - 0.1501 M + 6.2552$, $R^2 = 0.9024$

秸秆覆盖: $SOM = 0.007 M^2 - 0.0841 M + 6.1446$, $R^2 = 0.8907$

覆膜: $SOM = 0.0066 M^2 - 0.0769 M + 5.5804$, $R^2 = 0.9646$

翻耕: $SOM = 0.0056 M^2 - 0.0726 M + 5.8778$, $R^2 = 0.758$

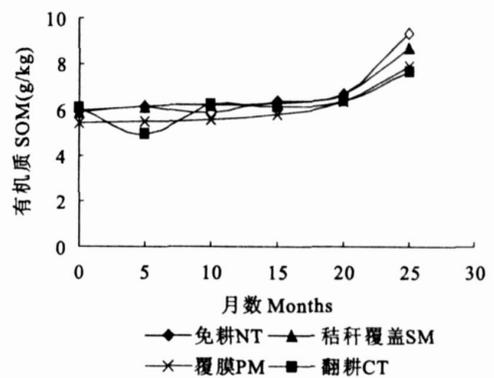


图 3 土壤有机质随耕作时间的变化曲线

Fig.3 Changes of SOM with years of tillage

土壤碱解氮含量相较于其他三种措施随深度的增加而下降缓慢外,碱解氮的剖面垂直变化特征与全氮变化很相似(图 5)。免耕、秸秆覆盖、覆膜和翻耕措施下表层 0~20 cm 土壤碱解氮含量比 20~40 cm 分别高 1.94 倍、1.71 倍、1.31 倍和 1.93 倍。覆膜之所以较为例外,初步分析认为氮素运移性强,暴露

在空气中很容易散失,覆膜保气性能好,减少了氮素的损失。

土壤氮素在不同耕作措施下,随着实施年限的增加而有所变化(图 6,7)。以表层 0~20 cm 为例,土壤全氮含量在前两个试验年内表现为经过作物生长期对养分的吸收利用,收获后全氮含量较之播种前有所减低,然后经过冬春季节休闲期都有所回升。但是随着耕作年限的增加,到第三年试验期间,变化趋势则与前两年刚好相反,即收获后较之播种前有所增加,翻耕比免耕增加幅度大,而覆盖耕作(秸秆覆盖和覆膜)不利于土壤全氮的积累,表现出下降的趋势。覆盖耕作由于保温作用,温度过高,不利于氮素的贮存。相反,传统翻耕对土壤的扰动有利于氮素的积累。土壤碱解氮含量随耕作实施时间的增加而降低,免耕、秸秆覆盖、覆膜和翻耕措施下土壤碱解氮含量比试验初分别下降了 30.36%、31.48%、34.84%和 49.21%。免耕、秸秆覆盖和覆膜措施下土壤碱解氮的下降速率低于翻耕,第三年试验玉米收获后,与翻耕相比,免耕、秸秆覆盖和覆

膜措施下土壤碱解氮分别高出 33.5%、21.4%和 9.7%。通过回归分析,得出土壤全氮(TN)和碱解氮(AN)含量与耕作时间(M)之间的关系式:

免耕: $TN = -0.0005 M^3 + 0.0078 M^2 - 0.0319 M + 0.4126, R^2 = 0.9076$

AN = $-0.0261 M^2 + 0.1343 M + 35.095, R^2 = 0.7138$

秸秆覆盖: $TN = -0.0001 M^3 + 0.02 M^2 - 0.0132 M + 0.4415, R^2 = 0.9545$

AN = $-0.0218 M^2 - 0.0504 M + 35.565, R^2 = 0.9092$

覆膜: $TN = -0.0006 M^3 + 0.0103 M^2 - 0.0536 M + 0.4502, R^2 = 0.7512$

AN = $-0.0419 M^2 + 0.0861 M + 41.772, R^2 = 0.8921$

翻耕: $TN = -0.0004 M^3 + 0.0068 M^2 - 0.0319 M + 0.4009, R^2 = 0.9538$

AN = $-0.0466 M^2 + 0.6012 M + 32.281, R^2 = 0.7139$

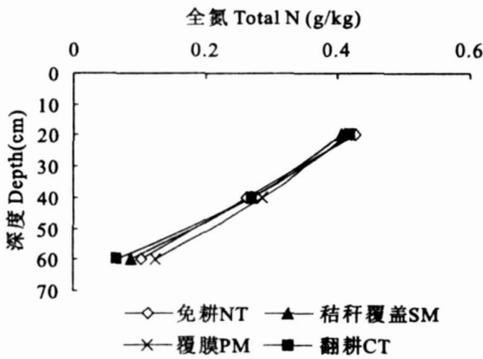


图 4 土壤全氮剖面变化

Fig. 4 Vertical distribution of soil total N

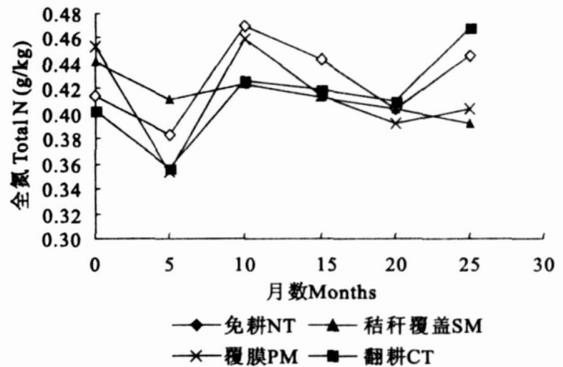


图 5 土壤全氮随耕作时间变化特征

Fig. 5 Changes of soil total N with years of tillage

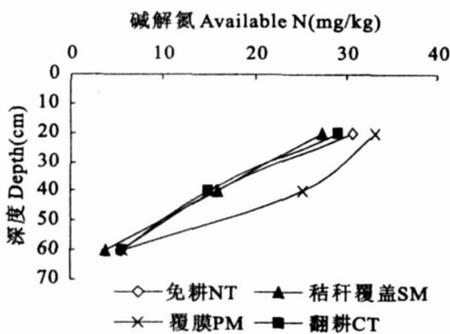


图 6 土壤碱解氮剖面变化

Fig. 6 Vertical distribution of soil available N

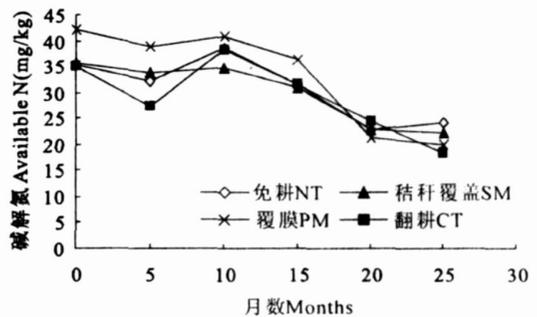


图 7 土壤碱解氮随耕作时间变化特征

Fig. 7 Change of soil available with years of tillage

2.3 土壤全磷和土壤速效磷的变化

耕作方式对土壤全磷垂直剖面变化的影响显著(图 8),免耕措施下表层 0~20 cm 土壤全磷含量明显高于秸秆覆盖、覆膜和翻耕,分别为 1.07、0.81、0.89和0.93 g/kg。免耕和秸秆覆盖措施导致土壤全磷分层现象,表层 0~20 cm 土壤的全磷含量比 20~40 cm 分别高 1.2 倍和 1.04 倍。而翻耕和覆膜两种措施下不存在全磷分层现象。土壤速效磷分层现象明显,表层均高于底层。土壤免耕和秸秆覆盖措施下表层 0~20 cm 的土壤速效磷含量低于覆膜和翻耕,但是随着深度的增加,翻耕和覆膜措施下速效磷含量迅速下降,在底层 40~60 cm 处免耕和秸秆覆盖有回升的趋势,含量又高于其它两种措施(图 9)。这与免耕和秸秆覆盖措施根系集中在表层,表层土壤速效磷被作物大量吸收有关。

由图 10、11 可以看出,免耕措施下土壤全磷在第一年和第二年变化波动小,到第三年显著增加。其他措施在 3 年试验期内土壤全磷含量基本保持不变。速效磷都呈下降的趋势,但是免耕措施的下降率明显低于秸秆覆盖、覆膜和翻耕,分别降低了

31.9%、69.02%、62.9%和 52.5%。

经过回归分析,土壤全磷(*TP*)和速效磷(*AP*)在不同耕作措施下随耕种时间(*M*)变化的关系如下:

免耕: $TP=0.0003 M^3-0.0084 M^2+0.0655 M+0.5094, R^2=0.9217$

$AP=0.0011 M^4-0.0556 M^3+0.8592 M^2-4.3556 M+11.12, R^2=0.9958$

秸秆覆盖: $TP=-0.0003 M^2+0.0062 M+0.5442, R^2=0.2935$

$AP=0.0007 M^4-0.0366 M^3+0.5778 M^2-3.1485 M+11.204, R^2=0.997$

覆膜: $TP=0.0001 M^3-0.0045 M^2+0.0385 M+0.5367, R^2=0.5639$

$AP=0.0014 M^4-0.075 M^3+1.2233 M^2-6.2554 M+12.049, R^2=0.8495$

翻耕: $TP=0.0026 M+0.5253, R^2=0.316$

$AP=0.001 M^4-0.0515 M^3+0.8297 M^2-4.2136 M+10.298, R^2=0.9102$

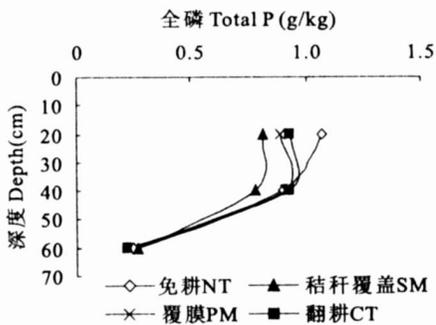


图 8 土壤全磷剖面分布

Fig.8 Vertical distribution of soil total P

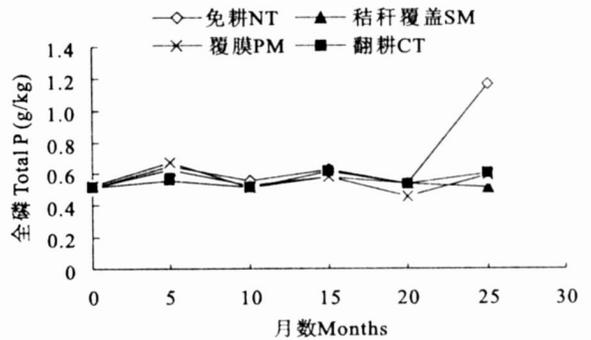


图 9 土壤全磷随耕作时间变化特征

Fig.9 Changes of soil total P with years of tillage

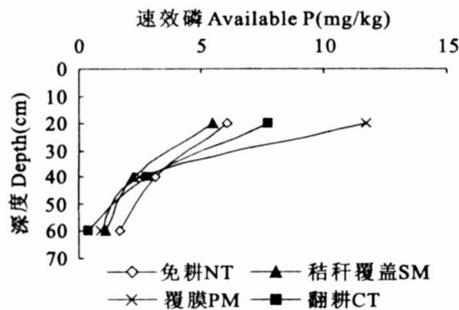


图 10 土壤速效磷剖面变化

Fig.10 Vertical distribution of soil available P

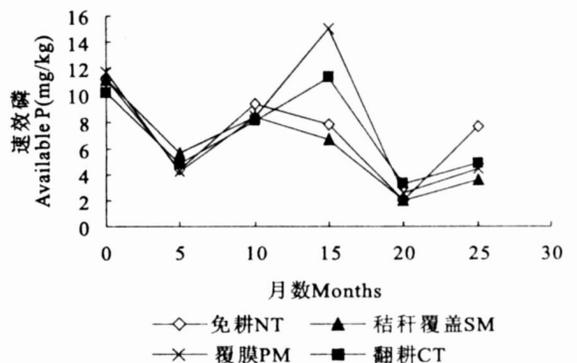


图 11 土壤速效磷随耕作时间变化特征

Fig.11 Changes of soil available P with years of tillage

2.4 土壤速效钾的变化

由图 12 看出,免耕和秸秆覆盖两种硬茬播种措施对土壤速效钾有明显的分层作用,表层 0~20 cm 比 20~40 cm 分别高 1.5 倍和 1.4 倍,且与覆膜和翻耕相比,表层有富集的现象,分别为 86.37、86.78、72.02 和 71.2 mg/kg。从垂直剖面来看,覆盖技术包括覆膜和秸秆覆盖表现为持续降低,而免耕和翻耕在 40 cm 处有一转折点,随后在 40~60 cm 土层内速效钾含量有所增加。随耕作时间的变化来看(图 13),在前两年试验期间,土壤速效钾均表现为在作物生长期下降,而在收获后休闲期又有所恢复的趋势,且免耕和秸秆覆盖增长率高于其他两种措施。在 2006 年试验期间,免耕在作物生长期表现为增加的趋势,这说明在连续免耕 2~3 年

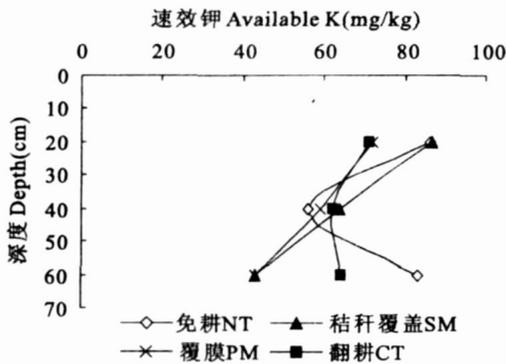


图 12 土壤速效钾剖面分布

Fig. 12 Vertical distribution of soil available K

后,免耕作用才能初步显现。整体来讲,免耕、秸秆覆盖和翻耕经过三年试验分别提高了土壤速效钾 61.8%、21.9%、和 27.8%,而翻耕基本保持不变。

经过回归分析,得出不同措施下土壤速效钾 (AK)随耕作时间 (M)变化的关系式:

$$\text{免耕: } AK = 0.1847 M^2 - 2.9906 M + 75.817, R^2 = 0.5104$$

$$\text{秸秆覆盖: } AK = 0.0851 M^2 - 1.2157 M + 71.293, R^2 = 0.3422$$

$$\text{覆膜: } AK = 0.163 M^2 - 2.9362 M + 72.356, R^2 = 0.6727$$

$$\text{翻耕: } AK = 0.1079 M^2 - 2.0193 M + 70.043, R^2 = 0.3947$$

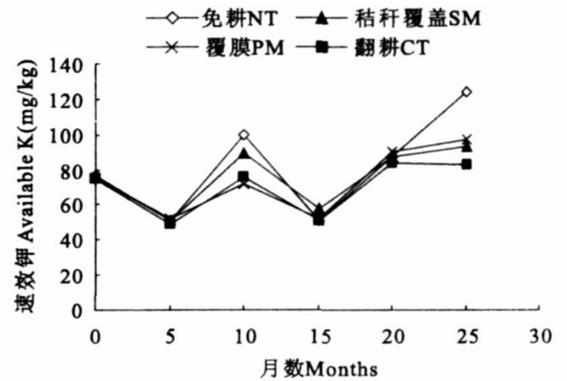


图 13 土壤速效钾随耕作时间的变化特征

Fig. 13 Changes of soil available K with years of tillage

3 结论

1) 免耕和秸秆覆盖措施减少了土壤扰动,降低了土壤 pH 值,3 年平均降低率分别为 7.6% 和 8%。相反,传统翻耕对土壤的混合翻转,导致大量 CO₂ 逸出,增加了土壤 pH 值。随着耕作时间的增加,保护性耕作降低土壤 pH 值的效果更加明显。

2) 保护性耕作措施对土壤养分有明显的表层富集作用,突出了土壤养分分层现象。尤其是免耕和秸秆覆盖措施对土壤有机质、全磷和速效钾分层作用最为明显,免耕和秸秆覆盖措施下表层 0~20 cm 的土壤有机质含量比 20~40 cm 土层内有机质分别高 1.83 倍、2.06 倍;表层 0~20 cm 土壤的全磷含量比 20~40 cm 分别高 1.2 倍和 1.04 倍;表层 0~20 cm 土壤速效钾的含量比 20~40 cm 分别高 1.5 倍和 1.4 倍。

3) 通过回归分析可知,随着耕作时间的增加,土壤有机质、速效钾的含量也随之增加,且免耕和秸

秆覆盖措施下的增长率高于覆膜和翻耕。而碱解氮和速效磷的含量随耕作时间的增加持续下降。但是与传统耕作相比,保护性耕作能够减缓土壤碱解氮和速效磷的降低速率。耕作措施对全磷和全氮影响不是很大,且表现为免耕和秸秆覆盖措施不利全氮的积累,3 年试验后,其全氮含量传统翻耕比有下降的趋势。

参考文献:

- [1] LAI R. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in western Nigeria II. Soil chemical properties [J]. Soil & Tillage Research, 1997, 42: 161-174.
- [2] Barzegar A R, Asoodar M A, Khadish A. Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments [J]. Soil & Tillage Research, 2003, 71: 49-57.
- [3] LAI R. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in western Nigeria I. Crop yield and soil physical properties [J]. Soil & Tillage Research, 1997, 42: 145-160.
- [4] 高旺盛,张海林.我国保护性耕作制发展现状与趋势[A].中国

- 农学会. 2006年中国农学会学术年会论文集[C]. 北京: 中国农业出版社, 2006. 367—370.
- [5] Franzluebbers A J, Schmoberg H H, Endale D M. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA[J]. *Soil & Tillage Research*, 2007, 96: 303—315.
- [6] 刘亚俊, 侯国青, 周景奎. 保护性耕作对土壤理化性质的影响分析[J]. *农村牧区机械化*, 2003, (4): 13—15.
- [7] 王小彬, 蔡典雄, 张镜清. 旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J]. *中国农业科学*, 2000, 33(4): 54—61.
- [8] 吴红丹, 刘洪文, 李问盈, 等. 中美两国保护性耕作的管理与应用对比分析[J]. *干旱区农业研究*, 2007, 25(2): 40—44.
- [9] 丁昆仑, Hann M J. 耕作措施对土壤特性及作物产量的影响[J]. *农业工程学报*, 2000, 16(3): 28—31.
- [10] 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.
- [11] 张海林, 秦耀东, 朱文珊. 耕作措施对土壤物理性状的影响[J]. *土壤*, 2003, (2): 140—144.
- [12] 吴婕, 朱钟麟, 郑家国. 秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J]. *西南农业学报*, 2006, 19(2): 192—195.
- [13] 王小彬. 加拿大农业的发展与环境及其持续性[J]. *干旱地区农业研究*, 1996, 14(3): 115—121.
- [14] 王小彬, 蔡典雄, 华璐. 土壤保持耕作——全球农业可持续发展优先领域[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(4): 741—749.
- [15] Karlen D L, 徐海译. 美国的水土保持耕作系统及研究方向[J]. *水土保持科技情报*, 1995, (1): 60.
- [16] 高焕文, 李文盈, 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.
- [17] 李安宁, 范学民, 吴传云. 保护性耕作现状与发展趋势[J]. *农业机械学报*, 2006, 37(10): 177—180.
- [18] Sjoerd W Duiker, Douglas B Beegle. Soil fertility distributions in long-term no-till, chisel/disk and moldboard plow/disk systems[J]. *Soil & Tillage Research*, 2006, 88: 30—41.
- [19] Carman K. Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Anatolia[J]. *Soil & Tillage Research*, 1997, 40: 201—207.
- [20] 鲍士旦. 土壤化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.

The effects of conservation tillage systems on soil chemical properties in southern part of Mu Us

LEI Jin-yin, WU Fa-qi, WANG Jian, LI Rong-biao

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to protect soil and water on cropland and reduce soil erosion, an experiment of conservation tillage with corn planting was conducted. The field experiment adopted no-tillage (NT), stalk-mulching (SM), plastic mulching (PM), and conventional tillage (CT) to investigate the effects of the conservation tillage on soil chemical properties. The results indicted that soil pH at the depth of 0~20 cm under NT and SM was lower than PM and CT. Under NT and CT, soil organic matter, available N, available K, available P were accumulated on the top soil. The soil organic matter and available K increased with the implementing times of tillage. And the available N and available P decreased, but the NT, SM and PM decreased slower than CT. NT was adverse for the accumulation of total N, and the tillage system had no effect on the total P. The over results showed the conservation tillage was a major way for developing sustainable soil productivity, conserving soil fertilities and controlling soil degradation in sandy area.

Keywords: conservation tillage; soil chemical properties; soil degradation; Mu Us sand land; North of Jingbian