

辽西地区土壤耕层及养分状况调查分析^①

白伟, 孙占祥*, 郑家明, 刘洋, 侯志研, 冯良山, 杨宁

(辽宁省农业科学院耕作栽培研究所, 辽宁省旱作节水工程中心, 沈阳 110161)

摘要: 目前, 东北地区农田土壤耕层中明显存在的“浅、实、少”问题, 已成为制约区域农业发展的主要限制因素。本文对辽西地区主要作物农田土壤耕层和养分状况进行了调查分析, 结果表明: 辽西地区的平均耕层为 15.17 cm, 比我国土壤平均耕层 (16.5 cm) 低 1.33 cm。阜新、铁岭、朝阳、赤峰的有效耕层土壤量分别为 2.27×10^6 、 1.97×10^6 、 1.95×10^6 、 1.79×10^6 kg/hm², 均低于正常有效耕层土壤量 (2.72×10^6 kg/hm²), 分别低 16.5%、27.6%、28.3%、34.2%。但阜新、铁岭、朝阳、赤峰的土壤体积质量平均值分别为 1.32、1.38、1.33、1.33 g/cm³, 均高于作物生长适宜的土壤体积质量范围 (1.1 ~ 1.3 g/cm³)。同时, 辽西地区土壤养分状况也较为低下, 其中速效 P 总变异趋势最大, pH 值总变异趋势最小。

关键词: 辽西地区; 土壤耕层; 犁底层; 养分状况

中图分类号: S274.4

土壤耕层是指农田中经常耕翻的层次, 厚者可达 30 cm, 薄者 6 ~ 7 cm, 一般在 20 cm 左右。土壤耕层是农业生产的重要物质条件, 直接关系到作物的高产稳产和农业的可持续发展^[1]。犁底层是由于长期耕作受到犁的挤压和降水时黏粒随水沉积而形成, 其结构多为片状结构或大块状结构, 体积质量大, 总孔隙度小, 渗水性弱^[2]。人们长期对耕地连续高强度开发和不合理使用, 使土壤有效耕层变浅, 犁底层加厚, 耕层有效土壤数量减少; 同时造成耕层土壤的理化性状恶化, 地力下降, 作物生产受到严重影响。薄的犁底层对托水保肥有一定的作用, 但如果犁底层过厚并且上移, 会使耕作层变薄, 导致农田干旱、洪涝, 水土流失, 土壤养分降低等问题, 进而影响作物的生长和发育^[3]。近年来, 由于土地的分散经营, 大型动力及机具在生产上的应用急剧下降, 机械化深翻、深松作业面积越来越少, 长年采用小型动力作业, 耕作层浅, 而且由于机械压实, 使土壤表层体积质量增加, 从而造成了土壤板结, 耕地质量退化, 土壤肥力下降^[4-5]。当前, 迫切需要对农田耕层及养分状况进行全面的调查分析, 以便及时采取有利得当的耕作措施。关于耕层结构构建和耕层养分变化的研究已有很多报道^[5-16], 但对辽西地区土壤耕层状况的研究还鲜有报道。因此,

本文对辽西地区的土壤耕层和养分状况进行了调查分析, 期望为辽西地区农业生产中建立适宜作物生长的合理耕层结构、提高土壤综合生产能力及土壤深松机具的研发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

辽西地区属温带季风大陆性气候区, 年平均气温 7℃ ~ 8℃, 10℃ 以上积温为 2 900℃ ~ 3 400℃, 无霜期为 135 ~ 165 天, 5—9 月份日照时数为 1 200 ~ 1 300 h, 全区土地面积约为 3 万 km², 耕地面积约为 68.97 万 hm², 土地和光热资源十分丰富。但年降水量仅为 300 ~ 500 mm, 且降水变率较大, 旱灾频繁。区域内年降水量的总分布趋势为从东部到西部逐渐递减, 东部的康平、法库年降水量为 450 ~ 500 mm, 中部的阜新周边地区为 350 ~ 500 mm, 而西部的朝阳地区仅为 300 ~ 400 mm, “十年九旱”是其基本气候特征^[17]。

1.2 调查时间和地点

2009 年 9 月 20 日 ~ 10 月 21 日, 对辽西地区 (阜新、朝阳、铁岭) 和内蒙古赤峰地区主要作物农田的土壤平均耕层深度、有效耕层土壤量、土壤体积质量、养分状况等进行调查。每个地区取 9 个点, 3 次

^①基金项目: 农业部公益性行业科研专项资金项目 (201103001)、辽宁省科技攻关课题项目 (2008212002) 和国家科技支撑计划项目 (2006BAD29B06) 资助。

* 通讯作者 (sunzhanxiang@sohu.com)

作者简介: 白伟 (1982—), 男, 内蒙古人, 硕士, 助理研究员, 主要从事旱作节水农业和农作制度研究。E-mail: libai200008@126.com

重复。

1.3 调查项目

1.3.1 耕层调查 选择在地面平坦, 具有代表性的典型地块中间, 与垄向垂直方向挖调查剖面。剖面的长度为两个完整垄的垄距(从垄沟开始), 宽 0.5 m, 深 40 cm, 挖掘的剖面横向与垄向垂直, 竖向与地面垂直。首先确定耕层基准线, 调查垄的垄侧向下 40 cm 处为耕层基准线, 分别测定两个垄的垄沟到犁底层的距离(两垄 3 个垄沟共计 3 组数据, 分别为 A_1 , A_2 , A_3), 垄侧到犁底层的距离(两垄 4 个垄侧共计 4 组数据, 分别为 B_1 , B_2 , B_3 , B_4), 垄顶到犁底层的距离(两垄 2 个垄顶共计 2 组数据, 分别为 C_1 , C_2) (图 1)。最后, 计算出平均耕层深度和有效耕层土壤量。数据采集时连续测定 2 垄(包括 2 个垄顶, 3 个垄底, 4 个垄侧), 由左至右一一对应。平均耕层深度和有效耕层土壤量的计算公式如下:

$$\text{平均耕层深度 (cm)} = (A_1 + B_1 + C_1 + B_2 + A_2 + B_3 + C_2 + B_4 + A_3) / 9$$

$$\text{有效耕层土壤量 (kg/hm}^2\text{)} = \text{平均耕层深度} \times \text{面积} (\times 10) \times [5 \sim 10 \text{ cm 土壤体积质量}] \times 1000$$

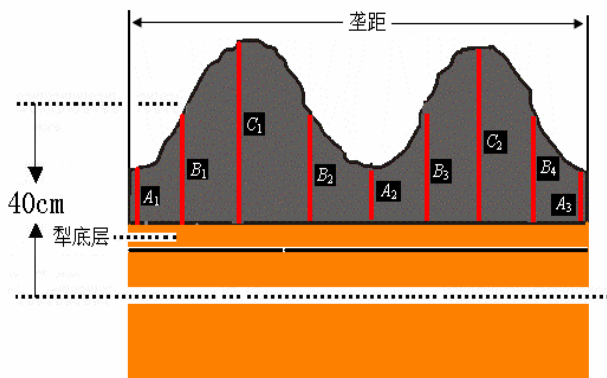


图 1 土壤有效耕层测量剖面示意图

Fig. 1 Profile sketch map of soil effective plough layer measured

1.3.2 犁底层调查 直接用直尺测出犁底层的厚度, 3 次重复。

1.3.3 体积质量调查 测定位置为 5 ~ 10、20 ~ 25、35 ~ 40 cm (距离从垄侧算起, 垄侧为垄顶到垄底高度的 1/2 高度处) 和犁底层处, 采用土钻测定, 3 次重复。

1.3.4 土壤养分调查 利用网格法采集 5 ~ 10、20 ~ 25、35 ~ 40 cm 和犁底层处土壤样品 176 个, 进行土壤有机质、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、速效 P、速效 K 和 pH 的测定分析。土壤养分含量分析应用土壤养分状况系统研究法 (ASI)^[18], 土壤有机质提取液为 0.2 mol/L NaOH-0.01

mol/L EDTA-2% 甲醇, 比色测定; $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的浸提剂为 1 mol/L KCl 溶液, 靛酚蓝比色法测定; 速效 P、速效 K 的浸提剂为 ASI 溶液 (0.25 mol/L NaHCO_3 -0.01 mol/L EDTA-0.01 mol/L NH_4), 有效 P 用钒钼黄比色法测定, 有效 K 用火焰光度法测定; pH 测定的水土比为 2.5:1, 复合电极测定^[19]。

1.4 数据统计

试验数据用 Excel 进行分析处理, 用 SPSS11.0 软件作相关的统计分析

2 结果与分析

2.1 辽西地区不同作物地耕作层和犁底层调查分析

耕层深度是土壤条件的基本特征, 据国家玉米产业技术研发中心首席专家黄世煌指出适合玉米生长的最低耕层深度为 22 cm 以上。从表 1 可以看出, 辽西地区玉米地的平均耕层深度均低于 22 cm, 阜新地区的平均耕层深度最高, 为 16.89 cm, 其次为朝阳、铁岭, 赤峰地区的耕层深度最低, 为 13.89 cm。辽西地区的平均耕层为 15.17 cm, 比我国土壤平均耕层 (16.5 cm) 低 1.33 cm, 远远低于美国土壤的平均耕层 (35 cm)。阜新、铁岭、朝阳地区花生的平均耕作层分别为 17.67、16.33、15.22 cm; 阜新、铁岭、朝阳、赤峰地区大豆的平均耕作层分别为 17.67、10.78、13.67、12.11 cm; 林粮间作模式的平均耕作层最高, 分别为 18.22、16.56、16.67、16.22 cm。

犁底层方面, 不同地区玉米地的犁底层表现为赤峰 > 铁岭 > 朝阳 > 阜新, 分别为 13.67、9.89、9.67、8.67 cm; 花生地为铁岭 > 朝阳 > 阜新, 分别为 9.11、8.67、7.56 cm; 大豆地犁底层相对较小, 表现为赤峰 > 朝阳 > 铁岭 > 阜新, 分别为 8.67、8.11、7.78、7.11 cm; 林粮间作地犁底层最小, 表现为赤峰 > 朝阳 > 阜新 > 铁岭, 分别为 7.11、5.56、5.33、5.22 cm。说明在辽西风沙半干旱区林粮模式在保持水土资源的同时有利于保护土壤耕层, 为作物生长提供良好的耕层结构。

2.2 辽西地区有效耕层土壤量调查分析

有效耕层土壤量是承载作物生产力的基础, 直接影响到作物产量^[20], 正常有效耕层土壤量约为 $2.72 \times 10^6 \text{ kg/hm}^2$ (按 22 cm 耕深计算)。

辽西地区有效耕层土壤量调查表明 (图 2), 辽西地区阜新、铁岭、朝阳、赤峰的有效耕层土壤量分别为 2.27×10^6 、 1.97×10^6 、 1.95×10^6 、 $1.79 \times 10^6 \text{ kg/hm}^2$ 。均低于正常有效耕层土壤量, 分别低 16.5%、27.6%、

表 1 辽西地区不同作物类型地耕作层和犁底层调查分析 (cm)

Table 1 Plough layers and plough pans under different crops in western Liaoning regions

地区	项目	主要作物地							
		玉米		花生		大豆		林粮间作	
		耕作层	犁底层	耕作层	犁底层	耕作层	犁底层	耕作层	犁底层
阜新	最大值	25.40	11.30	21.40	10.20	21.10	10.80	26.20	9.80
	最小值	12.20	6.20	14.20	6.50	14.30	5.60	15.30	2.40
	平均值	16.89	8.67	17.67	7.56	17.67	7.11	18.22	5.33
	标准差	4.17	1.58	2.24	1.51	2.29	1.45	3.56	2.12
	变异系数 (%)	24.67	18.24	12.66	19.98	12.97	20.43	19.55	39.77
铁岭	最大值	20.20	14.10	19.40	12.60	15.40	10.60	26.90	9.10
	最小值	12.30	7.60	13.70	6.30	7.50	5.10	11.60	2.90
	平均值	14.56	9.89	16.33	9.11	10.78	7.78	16.56	5.22
	标准差	2.65	2.03	1.80	1.90	2.82	1.72	4.72	2.11
	变异系数 (%)	18.21	20.50	11.04	20.86	26.15	22.06	28.51	40.37
朝阳	最大值	21.60	13.20	18.60	12.60	19.60	11.70	21.20	9.70
	最小值	11.70	5.70	12.70	5.80	10.20	4.80	15.10	4.20
	平均值	15.33	9.67	15.22	8.67	13.67	8.11	16.67	5.56
	标准差	3.08	2.35	1.79	2.00	3.08	2.03	2.06	1.67
	变异系数 (%)	20.10	24.26	11.74	23.08	22.55	25.00	12.37	30.00
赤峰	最大值	18.20	19.20	-	-	17.20	12.20	21.10	11.20
	最小值	11.70	10.30	-	-	8.70	7.60	12.60	4.50
	平均值	13.89	13.67	-	-	12.11	8.67	16.22	7.11
	标准差	2.20	3.54	-	-	2.67	1.80	2.59	2.42
	变异系数 (%)	15.87	25.87	-	-	22.02	20.80	15.95	34.04

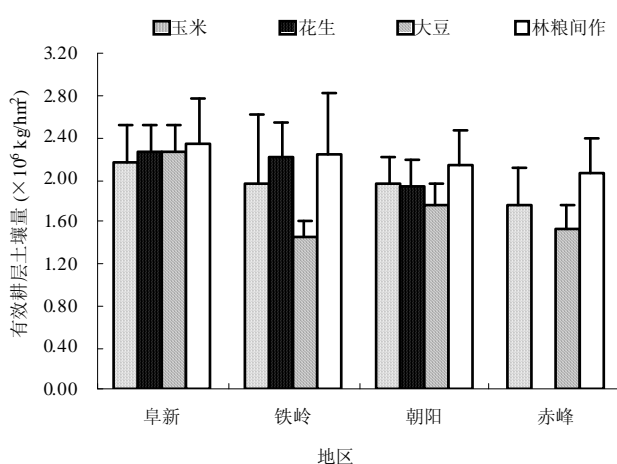


图 2 辽西地区有效耕作层土壤量调查

Fig. 2 Soil bulks of effective plough layers in western Liaoning regions

$1.76 \times 10^6 \text{ kg/hm}^2$ 。说明辽西地区近些年农田普遍存在着土壤耕作层变浅、犁底层加厚、耕作层有效土壤数量明显减少的问题,是制约该地区作物单产较低的重要原因之一。

2.3 辽西地区土壤体积质量调查分析

土壤体积质量既是土壤紧实程度的重要指标,也反映土壤有机质含量的高低与结构的优劣,一般作物根系生长适宜的土壤体积质量范围在 $1.1 \sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ 。辽西地区阜新、铁岭、朝阳、赤峰的土壤体积质量平均值分别为 1.32 、 1.38 、 1.33 、 1.33 g/cm^3 (表 2),均高于作物生长适宜的土壤体积质量范围。耕作层体积质量偏高,土壤严重紧实,不利于作物根系生长。据国家玉米产业技术研发中心 2008 年土壤耕作层调查结果表明,近些年黑龙江垦区由于普遍采用大型机械进行深翻整地作业,使得土壤体积质量大大降低,在 1.12 g/cm^3 左右,基本能处于作物根系生长的适宜范围内,

28.3%、34.2%。而不同种植模式表现为林粮间作 > 花生 > 玉米 > 大豆,分别为 2.19×10^6 、 2.14×10^6 、 1.97×10^6 、

表2 辽西地区土壤体积质量分析 (g/cm^3)

Table 2 Soil bulk densities in western Liaoning regions

地区	0~10 cm	20~25 cm	35~40 cm	平均
阜新	1.29	1.33	1.35	1.32
铁岭	1.35	1.38	1.42	1.38
朝阳	1.28	1.35	1.37	1.33
赤峰	1.27	1.34	1.39	1.33

而在黑龙江非垦区的体积质量则为 $1.43 \text{ g}/\text{cm}^3$, 犁底层处的土壤体积质量更高达 $1.52 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。辽西地区偏高的土壤体积质量反映了该区农田土壤长期处于非常坚硬的状态, 严重阻碍作物根系向下伸展, 明显降低土壤的纳雨保墒、保肥能力, 导致作物倒伏、早衰等现象发生, 对产量影响很大。

2.4 辽西地区不同土壤养分变异分析

有效耕层土壤量、土壤犁底层、土壤体积质量变化的同时, 土壤养分也发生变化。从表3可以看出, 阜新地区土壤养分总变异趋势为速效 P > 有机质 >

NH_4^+-N > 速效 K > pH, 各指标的平均值分别为 $8.49 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $9.80 \text{ g}/\text{kg}$ 、 $13.08 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $78.92 \text{ mg}/\text{L}$ 、 7.41 ; 铁岭地区土壤养分总变异趋势为速效 P > NH_4^+-N > 有机质 > 速效 K > pH, 各指标的平均值分别为 $19.21 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $16.47 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $13.20 \text{ g}/\text{kg}$ 、 $73.15 \text{ mg}/\text{L}$ 、 6.19 ; 朝阳地区土壤养分总变异趋势为速效 P > NH_4^+-N > 有机质 > 速效 K > pH, 各指标的平均值分别为 $10.02 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $10.57 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $6.60 \text{ g}/\text{kg}$ 、 $71.02 \text{ mg}/\text{L}$ 、 6.92 ; 赤峰地区土壤养分总变异趋势为速效 P > NH_4^+-N > 有机质 > 速效 K > pH, 各指标的平均值分别为 $9.80 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $11.02 \text{ mg}/\text{L}$ 、 $7.20 \text{ g}/\text{kg}$ 、 $72.03 \text{ mg}/\text{L}$ 、 6.96 。辽西地区速效 P 总变异趋势最大, pH 总变异趋势最小, 从土壤养分指标看, 土壤有机质含量变化趋势为铁岭 > 阜新 > 赤峰 > 朝阳; NH_4^+-N 变化趋势为铁岭 > 阜新 > 赤峰 > 朝阳; 速效 P 的变化趋势为铁岭 > 赤峰 > 朝阳 > 阜新; 速效 K 的变化趋势为阜新 > 铁岭 > 赤峰 > 朝阳; pH 的变化范围为阜新 > 赤峰 > 朝阳 > 铁岭。

表3 辽西地区土壤养分统计分析

Table 3 Statistic analyses of soil nutrients in western Liaoning regions

地区	项目	有机质 (g/kg)	NH_4^+-N (mg/L)	速效 P (mg/L)	速效 K (mg/L)	pH
阜新	最大值	22.30	38.67	37.38	192.31	8.35
	最小值	2.90	7.02	1.32	46.90	5.65
	平均值	9.80	13.08	8.49	78.92	7.41
	标准差	5.10	5.82	8.76	29.05	0.84
	变异系数 (%)	51.07	44.67	101.13	37.01	11.34
铁岭	最大值	35.60	52.89	81.76	164.20	7.85
	最小值	6.70	6.32	2.83	31.52	4.75
	平均值	13.20	16.47	19.21	73.15	6.19
	标准差	6.30	10.16	18.40	29.46	0.78
	变异系数 (%)	48.08	64.72	99.96	41.11	12.83
朝阳	最大值	12.10	23.16	23.01	101.76	8.35
	最小值	4.20	1.45	1.42	50.86	5.07
	平均值	6.60	10.57	10.02	71.02	6.92
	标准差	2.90	6.02	6.71	18.17	1.16
	变异系数 (%)	43.13	57.82	66.63	25.62	16.78
赤峰	最大值	13.50	24.17	24.01	102.36	8.36
	最小值	5.30	1.83	1.07	51.87	5.01
	平均值	7.20	11.02	9.80	72.03	6.96
	标准差	3.20	6.37	6.34	18.16	1.18
	变异系数 (%)	45.16	58.42	65.23	26.26	17.02

3 结论与讨论

(1) 辽西地区的平均耕层为 15.17 cm, 比我国土壤平均耕层 (16.5 cm) 低 1.33 cm。林粮间作模式的平均耕作层最高, 阜新、铁岭、朝阳、赤峰分别为 18.22、16.56、16.67、16.22 cm。调查结果表明辽西地区土壤耕层明显变浅, 土壤结构紧实, 严重板结, 有效耕层土壤量显著减少, 已经严重阻碍该区农作物产量潜力的正常发挥。

(2) 阜新、铁岭、朝阳、赤峰的有效耕层土壤量分别为 2.27×10^6 、 1.97×10^6 、 1.95×10^6 、 1.79×10^6 kg/hm², 均低于正常有效耕层土壤量, 而不同种植模式为林粮间作 > 花生 > 玉米 > 大豆, 造成这种现状的最主要原因是农村长期使用小型农机具进行田间作业, 达不到耕层深度标准, 大部分耕地 20 多年来从未进行过深松整地。

(3) 阜新、铁岭、朝阳、赤峰的土壤体积质量平均值分别为 1.32、1.38、1.33、1.33 g/cm³, 均高于作物生长适宜的土壤体积质量范围。

(4) 从土壤养分指标看, 辽西不同地区有机质、NH₄⁺-N、速效 P、速效 K 和 pH 表现各不相同, 其中速效 P 总变异趋势最大, pH 总变异趋势最小。

由于取样的范围较小, 在一定程度上影响了分析结果, 在今后的研究中, 应扩大取样范围, 增加取样点, 使研究结果更具有实用价值。

参考文献:

- [1] 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. 中国农机化, 2005(2): 31-34
- [2] 郑丽萍, 徐海芳. 犁底层土壤入渗参数的空间变异性. 地下水, 2006, 28(5): 55-56
- [3] 张忠学, 曾赛星. 东北半干旱抗旱灌溉区节水农业理论与实践. 北京: 中国农业出版社, 2005: 142-144
- [4] 王立春, 马虹, 郑金玉. 东北春玉米耕地合理耕层构造研究. 玉米科学, 2008(4): 13-17
- [5] 钟武云. 湖南耕地质量存在的主要问题及管理立法创新. 土壤, 2009, 41(3): 356-359
- [6] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 北京: 中国农业科技出版社, 1996: 1-12
- [7] 王祥珍, 赵凯, 张满珍, 张保烈, 孙英英, 华利民, 雷永振. 玉米钾肥长期定位试验作物产量和土壤钾素的变化. 辽宁农业科学, 2003(4): 1-3
- [8] 于同艳. 耕作措施对黑土农田耕层水分的影响. 西南大学学报, 2007, 29(3): 121-124
- [9] 丁启朔. 耕作力学研究中的土壤结构表现与评价. 农业机械学报, 2007, 38(8): 62-66
- [10] 韩晓增, 邹文秀, 王凤仙, 王凤菊. 黑土肥沃耕层构建效应. 应用生态学报, 2009, 20(12): 2996-3002
- [11] 刘武仁. 东北黑土区玉米保护性耕作技术模式研究. 玉米科学, 2007, 15(6): 86-88
- [12] 娄中山. 不同耕作方式对土壤水土保持能力的影响. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(3): 43-46
- [13] 黄键, 张惠林, 傅文玉. 东北黑土区肥力变化特征的分析. 土壤通报, 2005, 26(5): 21-25
- [14] 王继红, 刘景双, 李月芬. 氮磷肥对黑土浅层土壤氮素累积和移动的影响. 土壤通报, 2005, 24(3): 341-344
- [15] 海龙, 王平, 张仁陟, 王玲英, 张春红, 韩国君. 不同耕作方式对土壤有机磷形态的影响. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(5): 95-99
- [16] 籍增顺, 张树梅, 薛宗让, 阎玄梅, 樊兰瑛, 张志琴, 洛希图, 武金芳, 张象俊. 旱地玉米免耕系统土壤养分研究. 华北农学报, 1998, 13(3): 62-67
- [17] 冯良山, 孙占祥, 曹敏健, 侯志研, 惠成章, 刘洋, 李金凤. 半干旱区坐水播种条件下玉米高产栽培措施研究. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 73-77
- [18] 杨俐苹, 自由路. 精准农业中的土壤养分快速测定技术 // 金继运, 自由路. 精准农业与土壤养分管理. 北京: 中国大地出版社, 2001: 152-160
- [19] 劳家桢. 土壤农化分析手册. 北京: 农业出版社, 1988
- [20] 赵其国. 土壤科学发展的战略思考. 土壤, 2009, 41(5): 681-688

Soil Plough Layers and Soil Nutrients in Western Liaoning

BAI Wei, SUN Zhan-xiang, ZHENG Jia-ming, LIU Yang, HOU Zhi-yan, FENG Liang-shan, YANG Ning

*(Tillage and Cultivation Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences,
Liaoning Province Dry Saving Water Engineering Center, Shenyang 110161, China)*

Abstract: At present soil plough layers of the farmland are obviously shallow, solid and little in the Northeast region of China, which have become into the main limiting factors for the development of regional agriculture. This paper studied soil plough layers and soil nutrients in western Liaoning. The results showed that the thickness of the mean plough layer in western Liaoning was 15.17 cm, which was 1.33 cm shallower than that of nationwide plough layer. Soil bulks of the effective plough layers in Fuxin, Tieling, Chaoyang and Chifeng were 2.27×10^6 , 1.97×10^6 , 1.95×10^6 and 1.79×10^6 kg/hm² respectively, which were 16.5%, 27.6%, 28.3% and 34.2% lower than that of the normal effective plough layer (2.72×10^6 kg/hm²) respectively. The mean soil bulk densities in Fuxin, Tieling, Chaoyang and Chifeng were 1.32, 1.38, 1.33 and 1.33 g/cm³ respectively, all were higher than the suitable range (1.1 – 1.3 g/cm³) for crops normal growth. Meanwhile, soil nutrients in western Liaoning were low too. The general variation available phosphorus was maximum while that of pH was minimum.

Key words: Western Liaoning, Soil plough layer, Plough pan, Soil nutrients