

# 甘肃引黄灌区玉米茬耕层土壤状况调查

霍琳, 王成宝, 杨思存, 姜万礼, 温美娟

(甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在甘肃引黄灌区选择60个典型玉米地, 对其土壤耕层状况进行了调查分析。结果表明, 甘肃引黄灌区玉米地平均耕层深度为22.5 cm, 比我国土壤平均耕层(16.5 cm)高6.0 cm, 犁底层平均厚度为9.1 cm。0~40 cm土层容重在1.36 g/cm<sup>3</sup>左右, 孔隙度在48.5%左右。0~45 cm土壤紧实度200~2 450 kPa, 靖会灌区显著高于其他灌区, 景电、兴电、刘川灌区相差不大。土壤有机质含量为12.94~15.64 g/kg, 全氮含量为0.84~1.24 g/kg, 碱解氮含量为47.14~60.56 mg/kg, 速效磷含量为14.28~33.57 mg/kg, 速效钾含量为156.50~185.84 mg/kg, 除速效磷和速效钾含量较高外, 其它指标均属于中等偏下水平。

**关键词:** 玉米地; 土壤耕层; 犁底层; 养分状况; 甘肃引黄灌区

**中图分类号:** S158 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)10-0051-04

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.10.012

## Investigation on Soil Plough Layers of Corn Stubble in Gansu Yellow River Irrigation District

HUO Lin, WANG Chengbao, YANG Sicun, JIANG Wanli, WEN Meijuan

(Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** Based on 60 typical corn fields, the soil plough layers and soil nutrients were investigated in Gansu Yellow River Irrigation District. The results showed that the thickness of the mean plough layer in Gansu Yellow River Irrigation District was 22.5 cm, which was 6.0 cm shallower than that of nationwide plough layer, the average thickness of plough pan was 9.1 cm. the soil bulk density of 0~40 cm layer was about 1.36 g/cm<sup>3</sup>, and the soil porosity was about 48.5%. The soil compactness of 0~45 cm layer ranged from 200~2 450 kPa, Jinghui irrigated area were significantly higher than others, Jingdian, Xingdian and Liuchuan Irrigated Areas had little difference. The soil organic matter contents ranged from 12.94~15.64 g/kg, total nitrogen ranged from 0.84~1.24 g/kg, alkaline-hydrolyzed nitrogen ranged from 47.14~60.56 mg/kg, available phosphorus ranged from 14.28~33.57 mg/kg, and available potassium ranged from 156.50~185.84 mg/kg. Except for the high content of available phosphorus and potassium, all the other indexes were in the lower middle level.

**Key words:** Corn field; Soil plough layer; Plough pan; Nutrients status; Gansu Yellow River Irrigation District

引黄灌区是甘肃省继河西走廊之后的第 2 个综合农业商品生产基地, 辖 19 个县区,

收稿日期: 2019-06-10

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201503117); 甘肃省农业科学院科技创新专项(2015G AAS03)资助。

作者简介: 霍琳(1972—), 女, 甘肃甘谷人, 副研究员, 主要从事土壤养分资源管理研究工作。Email: gshuolin@163.com。

小流域土壤特性时空动态变化研究[J]. 水土保持通报, 2000, 20(1): 21-23.

[9] 赵晓光, 石辉. 水蚀作用下土壤抗蚀能力的

(本文责编: 杨杰)

区域面积约 4.5 万 km<sup>2</sup>，土地面积占全省的 10.54%，区域人口占全省的 24.7%。由于有黄河及其众多支流水源，从 20 世纪 60 年代开始，该区域相继建成了景电、兴电、刘川、靖会、引大、皋兰西岔、榆中三角城等多处电力提灌工程，农田实灌面积达 38.45 万 hm<sup>2</sup>，极大地改善了这一区域的农业生产条件，产生了良好的经济和社会效益<sup>[1-3]</sup>。但在这一过程中，由于不合理灌溉、小型农机具反复碾压、长期单一浅耕作业和秸秆还田利用率低等因素，导致一些农田土壤出现了耕层薄化、犁底层压实、结构变劣等问题，严重影响作物根系深层分布和肥水资源高效利用<sup>[4]</sup>。我们通过大范围采样调查，对甘肃引黄灌区玉米田耕层状况进行了分析，旨在建立适宜玉米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依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省白银市的景电、兴电、刘川、靖会灌区(E103° 42' 18"~105° 10' 25", N36° 21' 29"~37° 36' 32")，分别隶属于景泰、靖远、会宁 3 个县，海拔高度为 1 408~1 792 m，旱地农业向荒地牧地过渡线的北部。由于受青藏高原和腾格里沙漠的影响，形成大陆性干旱荒漠气候，年降水量只有 200~300 mm，而蒸发量却在 2 000 mm 以上，蒸发量是降水量的 5~10 倍。区域内年平均气温 6.6 ℃，大于 0 ℃ 和 10 ℃ 的积温分别为 3 200 ℃ 和 2 600 ℃ 左右，无霜期 160~170 d，年日照时数 2 900 h 左右。土壤类型主要是灰钙土。景电、兴电、刘川、靖会 4 个灌区的总控制灌溉面积分别为 6.51 万 hm<sup>2</sup>、2.13 万 hm<sup>2</sup>、0.79 万 hm<sup>2</sup>、2.03 万 hm<sup>2</sup>，区域内耕地均呈梯级分布，耕地以 1 300 m<sup>2</sup> 以下的小地块为主，主要采用大水漫灌和串灌等方式，种植作物有小麦、玉

米、向日葵、马铃薯、露地蔬菜等，耕作方式有翻耕、旋耕、免耕、深松等，也有不同耕作方式的年际间组合(轮耕)，农业机械以 66 kW 以下的小型为主<sup>[5-6]</sup>。

### 1.2 调查时间和地点

调查采样时间为 2015 年秋季玉米收获时，共筛选 60 个代表性地块。其中景电灌区 30 个，分布在草窝滩、上沙窝、漫水滩、红水、喜泉、寺滩、芦阳 7 个乡(镇)和条山农场、白银公司农场；兴电灌区 20 个，分布在北滩、东升、五合、靖安 4 个乡(镇)；刘川灌区 5 个；靖会灌区 5 个，分布在大芦、乌兰 2 个乡(镇)。所选样地种植的玉米品种以先玉 335 为主，灌溉量和施肥量相近，农田管理方式基本相似，耕作方式兼有翻耕、旋耕、免耕、深松等。

### 1.3 调查项目和方法

1.3.1 耕层深度 每地块选择 3 个代表性区域，与玉米种植行垂直方向挖调查剖面，剖面长 120 cm、宽 50 cm、深 40 cm，横向包含了种植带(40 cm)和空白行(80 cm)，竖向与地面垂直。用直尺直接测量地面到犁底层的距离，每个剖面在 0、30、60、90、120 cm 长度处测量 5 次，其平均值代表该点的耕层深度，3 个剖面的平均值代表该地块的耕层深度。

1.3.2 犁底层厚度 用直尺直接测量，每地块 3 个剖面，每个剖面 5 个点，取其平均值。

1.3.3 土壤容重和孔隙度 每地块选择 3 个代表性区域，用环刀法测定 0~10、10~20、20~40 cm 土壤容重，以相同层次 3 个点的平均值代表该地块的土壤容重，同时计算相应土层的土壤孔隙度，土壤密度按 2.65 g/cm<sup>3</sup> 计<sup>[7]</sup>。

1.3.4 土壤紧实度 每个地块选择 10 个代表性区域，用美国产 SC900 土壤紧实度仪测定 0~45 cm 土壤紧实度，每隔 2.5 cm 1 个读

数,以相同层次 10 个点的平均值代表该地块的土壤紧实度<sup>[7]</sup>。

1.3.5 土壤养分 每地块选择 3 个代表性区域,采集 0~20 cm 土壤样品,测定土壤养分含量。土壤有机质用重铬酸钾外加热容量法,全氮用半微量凯氏定氮法测定,碱解氮用碱解扩散法,速效磷用 Olsen 法测定,速效钾用火焰光度法测定。以 3 个点的平均值代表该地块土壤的养分含量<sup>[8]</sup>。

#### 1.4 数据统计

采用 Excel 2016 软件进行数据统计分析和绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤耕作层和犁底层状况

耕层是耕地生产力的核心,良好的耕层能保证农作物生长发育所需水分和养分供应<sup>[9]</sup>。国家玉米产业技术体系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。从表 1 可以看出,甘肃引黄灌区玉米地平均耕层深度为 22.5 cm,虽然都高于 22 cm,但也接近玉米最适生长对耕层深度的最低要求。这个深度虽比我国土壤平均耕层(16.5 cm)高了 6.0 cm,但远远低于美国土壤的平均耕层(35 cm)。从不同灌区来看,景电灌区的平均耕层深度最高,为 22.9 cm;其次为刘川灌区、兴电灌区,分别是 22.8 cm 和 22.6 cm;靖会灌区最低,为 22.2 cm。甘肃引黄灌区玉米地平均犁底层厚度为 9.1 cm,兴电灌区和刘川灌区较高,平均厚度分别是 9.9 cm 和 9.8 cm;靖会灌区和景电灌区略低,平均厚度分别是 8.8 cm 和 8.6 cm;在景电和兴电灌区均发现没有犁底层和犁底层厚度最高 15 cm 的地块。

从表 1 还可以看出,甘肃引黄灌区耕层深度的变异性相对较弱,变异系数为 10.3%~27.0%,源于其耕层深度的最小值为 16.0 cm,最大值也只有 32.0 cm。犁底层厚度的变异性相对较强,变异系数为 16.7%~47.5%,

表 1 引黄灌区土壤耕作层和犁底层深度

项 目	灌区	最小值 /cm	最大值 /cm	平均值 /cm	标准差 /cm	变异 系数 /%
耕作层	景电	16.0	32.0	22.9	3.8	16.6
	兴电	16.0	28.0	22.6	6.1	27.0
	靖会	20.0	25.0	22.2	2.3	10.3
	刘川	20.0	32.0	22.8	5.2	22.7
犁底层	景电	0.0	15.0	8.6	4.1	47.5
	兴电	0.0	15.0	9.9	3.1	31.5
	靖会	7.0	11.0	8.8	1.5	16.8
	刘川	8.0	12.0	9.8	1.6	16.7

其原因是有些地块没有发现犁底层,但有些地块的犁底层高仅有 15 cm。

### 2.2 土壤容重和孔隙度状况

容重是最重要的土壤物理性质之一,它直接或间接影响着土壤水肥气热的协调供应和土壤养分、水分的运移,对维持土壤肥力、保证作物高产稳产有重要意义<sup>[10-11]</sup>。土壤容重的变化与土壤孔隙度密切相关,可较好地反映土壤透气性、入渗性能、持水能力和溶质迁移潜力等<sup>[12-13]</sup>。一般作物根系生长适宜的土壤容重范围为 1.1~1.3 g/cm<sup>3</sup>,当土壤容重大于 1.4 g/cm<sup>3</sup>时,根系穿透阻力大于 15 kg/cm<sup>2</sup>,开始对根系生长产生影响;而当土壤容重大于 1.5 g/cm<sup>3</sup>时,穿透阻力将大于 25 kg/cm<sup>2</sup>,将会严重阻碍根系生长<sup>[14]</sup>。从表 2 可以看出,甘肃引黄灌区玉米地 0~40 cm 土层平均容重在 1.36 g/cm<sup>3</sup>左右,孔隙度在 48.5%左右,偏高的土壤容重和偏低的孔隙度反映了该区农田土壤长期处于较为坚硬的状态,会影响玉米根系下扎,降低土壤蓄水、保肥能力,还可能导致倒伏、早衰等现象发生,对玉米产量影响较大。具体到不同灌区、不同土层,土壤容重和孔隙度的变化规律也不完全一致。0~10 cm 土层土壤容重为 1.26~1.35 g/cm<sup>3</sup>,景电>刘川>兴电>靖会;10~20 cm 土层土壤容重为 1.37~

表 2 引黄灌区土壤容重和孔隙度

灌区	土层深度 /cm	土壤容重 /( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	土壤孔隙度 /%
景电	0~10 cm	1.35±0.12	48.91±4.65
	10~20 cm	1.39±0.11	47.73±4.11
	20~40 cm	1.38±0.11	47.93±3.98
	平均	1.37±0.09	48.37±3.35
兴电	0~10 cm	1.32±0.09	50.08±3.39
	10~20 cm	1.38±0.10	47.79±3.91
	20~40 cm	1.41±0.08	46.72±2.89
	平均	1.36±0.06	48.67±2.42
靖会	0~10 cm	1.26±0.06	52.44±2.17
	10~20 cm	1.44±0.03	45.64±1.19
	20~40 cm	1.46±0.06	44.92±2.19
	平均	1.36±0.04	48.86±1.60
刘川	0~10 cm	1.34±0.10	49.49±3.74
	10~20 cm	1.37±0.14	48.41±5.36
	20~40 cm	1.40±0.10	47.21±3.92
	平均	1.36±0.09	48.65±3.52

1.44  $\text{g}/\text{cm}^3$ , 靖会 > 景电 > 兴电 > 刘川; 20~40 cm 土层土壤容重为 1.38 ~ 1.46  $\text{g}/\text{cm}^3$ , 靖会 > 兴电 > 刘川 > 景电。0~10、10~20、20~40 cm 土层孔隙度分别是 48.91% ~ 52.44%、45.64% ~ 48.41% 和 44.92% ~ 47.93%, 与各层土壤容重的变化趋势相反。

### 2.3 土壤紧实度状况

土壤紧实度是土壤管理的重要指标, 它与秸秆还田、化肥利用、土壤养分循环、土壤微生物、作物生长及产量、土壤耕作、水土流失、土壤碳氮管理及农业面源污染等关系密切, 是影响农田土壤质量和作物生长的关键障碍因子之一, 也是当前土壤功能及农田生态健康研究领域的重点, 欧盟委员会也把土壤紧实度列为作物产量降低的主要因素之一<sup>[15-17]</sup>。从图 1 可以看出, 甘肃引黄灌区 60 块样地 0~45 cm 土壤紧实度为 200 ~ 2 450 kPa, 不同灌区、不同土层间差异较大, 这也反映了土壤质地、耕作方式、施肥

灌溉水平、农业机械动力等对土体构型的不同影响。从整体来看, 靖会灌区 0~45 cm 土壤紧实度的平均值最大, 为 1 834 kPa; 景电、兴电、刘川灌区相差不大, 分别为 1 395、1 271、1 268 kPa。从不同土层来看, 0~10 cm 的平均值景电灌区最大, 为 1 005 kPa; 其次是刘川、靖会、兴电灌区, 分别为 842、839、821 kPa。10~20 cm 土层靖会灌区最大, 为 1 954 kPa, 其次是景电、刘川、兴电灌区, 分别为 1 359、1 318、1 289 kPa。20~40 cm 土层也是靖会灌区最大, 为 2 326 kPa; 其次是景电、兴电、刘川灌区, 分别为 1 646、1 467、1 460 kPa。

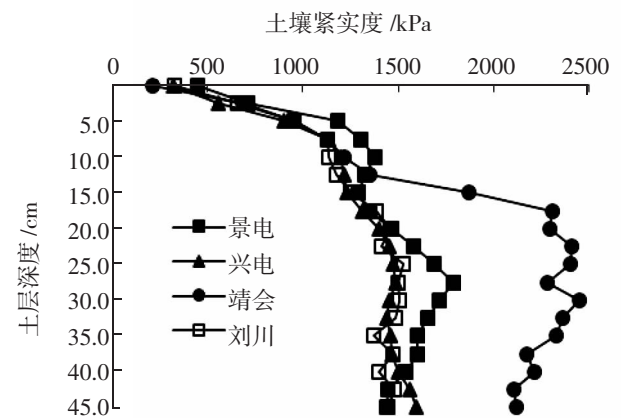


图 1 引黄灌区土壤紧实度调查分析

### 2.4 土壤养分状况

土壤养分是影响作物生长发育的重要因素之一, 也是评价土壤肥力的重要指标, 同时也是合理施肥的重要依据<sup>[18]</sup>, 只有深入了解并掌握了土壤养分状况, 才能更好地对农田进行管理和利用。从表 3 可以看出, 甘肃引黄灌区的土壤有机质含量为 12.94 ~ 15.64  $\text{g}/\text{kg}$ , 全氮含量为 0.84 ~ 1.24  $\text{g}/\text{kg}$ , 碱解氮含量为 47.14 ~ 60.56  $\text{mg}/\text{kg}$ , 速效磷含量为 14.28 ~ 33.57  $\text{mg}/\text{kg}$ , 速效钾含量为 156.50 ~ 185.84  $\text{mg}/\text{kg}$ , 按照第二次全国土壤普查土壤养分含量分级标准评价, 分别属于 4 级、3~4 级、5 级、2~3 级和 2 级, 除速效磷和速效钾含量较高外, 其它指标都属于

表3 引黄灌区土壤养分

灌区	项目	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
景电	最小值	10.62	0.88	26.00	13.32	130.00
	最大值	21.08	1.42	98.02	45.44	283.00
	平均值	13.74	1.14	54.94	14.28	185.84
	标准差	4.06	0.36	19.13	10.93	45.25
兴电	最小值	9.57	0.84	21.06	15.24	95.00
	最大值	18.33	1.43	77.02	32.43	284.00
	平均值	12.94	1.24	47.14	18.35	173.60
	标准差	2.67	0.25	14.28	11.80	58.50
靖会	最小值	10.47	0.79	35.08	17.23	118.00
	最大值	15.93	0.96	61.84	30.82	249.00
	平均值	13.06	0.84	50.25	22.37	167.00
	标准差	2.24	0.13	10.03	5.87	51.90
刘川	最小值	12.15	0.87	52.05	21.06	105.00
	最大值	21.92	1.25	78.83	43.62	229.00
	平均值	15.64	1.09	60.56	33.57	156.50
	标准差	4.38	0.25	12.27	8.24	62.00
	变异系数/%	28.01	22.94	20.26	24.55	39.62

中等偏下水平。从各指标平均值来看,有机质平均为 13.85 g/kg,碱解氮平均为 53.22 mg/kg,均表现为刘川>景电>靖会>兴电;全氮平均为 1.08 g/kg,兴电>景电>刘川>靖会;速效磷平均为 22.14 mg/kg,刘川>靖会>兴电>景电;速效钾平均为 170.74 mg/kg,景电>兴电>靖会>刘川。从土壤养分变异强度来看,甘肃引黄灌区总体表现为速效磷>速效钾>碱解氮>有机质>全氮,景电灌区为速效磷>碱解氮>全氮>有机质>速效钾,兴电灌区为速效磷>速效钾>碱解氮>有机质>全氮,靖会灌区为速效钾>速效磷>碱解氮>有机质>全氮,刘川灌区

为速效钾>有机质>全氮>速效磷>碱解氮。

### 3 结论

甘肃引黄灌区玉米田平均耕层深度为 22.5 cm,接近了玉米最适生长对耕层深度的最低要求(22 cm),虽然比我国土壤平均耕层(16.5 cm)高 6.0 cm,但远远低于美国土壤的平均耕层(35 cm)。景电灌区的平均耕层深度最高,其次为刘川灌区、兴电灌区,靖会灌区最低。犁底层平均厚度为 9.1 cm,兴电灌区和刘川灌区较高,靖会灌区和景电灌区略低。

0~40 cm 土层容重在 1.36 g/cm<sup>3</sup> 左右,

孔隙度在 48.5%左右。0~10 cm 土层土壤容重为 1.26 ~ 1.35 g/cm<sup>3</sup>, 景电 > 刘川 > 兴电 > 靖会; 10~20 cm 土层土壤容重为 1.37 ~ 1.44 g/cm<sup>3</sup>, 靖会 > 景电 > 兴电 > 刘川; 20~40 cm 土层土壤容重为 1.38 ~ 1.46 g/cm<sup>3</sup>, 靖会 > 兴电 > 刘川 > 景电。

0~45 cm 土层土壤紧实度为 200 ~ 2 450 kPa, 靖会灌区最大, 为 1 834 kPa; 景电、兴电、刘川灌区相差不大, 分别为 1 395、1 271、1 268 kPa。0~10 cm 土层土壤紧实度景电灌区最大, 为 1 005 kPa; 10~20 cm 土层和 20~40 cm 土层土壤紧实度都是靖会灌区最大, 分别为 1 954 kPa 和 2 326 kPa。

甘肃引黄灌区土壤有机质含量为 12.94 ~ 15.64 g/kg, 全氮含量为 0.84 ~ 1.24 g/kg, 碱解氮含量为 47.14 ~ 60.56 mg/kg, 速效磷含量为 14.28 ~ 33.57 mg/kg, 速效钾含量为 156.50 ~ 185.84 mg/kg, 除速效磷和速效钾含量较高外, 其它指标均属于中等偏下水平。

#### 参考文献:

- [1] 甘肃农村年鉴编委会. 甘肃农村 2011 年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
- [2] 甘肃省土壤普查办公室. 甘肃土壤 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [3] 牛叔文, 陈作芳. 农业区域开发探索——甘肃省沿黄灌区农业综合开发研究 [M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1998.
- [4] 李 荣, 侯贤清, 贾志宽, 等. 北方旱作区土壤轮耕技术研究进展[J]. 西北农业学报, 2015, 24(3): 1-7.
- [5] 杨思存, 车宗贤, 王成宝, 等. 甘肃沿黄灌区土壤盐渍化特征及其成因[J]. 干旱区研究, 2014, 31(1): 57-64.
- [6] 杨思存, 逢焕成, 王成宝, 等. 基于典范对应分析的甘肃引黄灌区土壤盐渍化特征研究[J]. 中国农业科学, 2014, 47(1): 100-110.
- [7] 依艳丽. 土壤物理研究法[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009.
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [9] 韩晓增, 邹文秀, 陆欣春, 等. 旱作土壤耕层及其肥力培育途径[J]. 土壤与作物, 2015, 4(4): 145-150.
- [10] 李潮海, 李胜利, 王 群, 等. 下层土壤容重对玉米根系生长及吸收活力的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(8): 1706-1711.
- [11] ZUAZO V H D, FLANAGAN D, TEJERO L G, et al. Sustainable land use and agricultural soil//Lichtfouse E, eds. Alternative farming systems, biotechnology, drought stress and ecological fertilization[M]. Amsterdam: Springer Netherlands, 2011: 107-192.
- [12] 郑纪勇, 邵明安, 张兴昌. 黄土区坡面表层土壤容重和饱和导水率空间变异特征[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 53-56.
- [13] 李志洪, 王淑华. 土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响[J]. 土壤通报, 2000, 31(2): 55-57.
- [14] 黄细喜. 土壤紧实度及层次对小麦生长的影响[J]. 土壤学报, 1988, 25(1): 59-65.
- [15] 石彦琴, 陈源泉, 隋 鹏, 等. 农田土壤紧实的发生、影响及其改良[J]. 生态学杂志, 2010, 29(10): 2057-2064.
- [16] 杨世琦, 吴会军, 韩瑞芸, 等. 农田土壤紧实度研究进展[J]. 土壤通报, 2016, 47(1): 226-232.
- [17] EUROPEAN COMMISSION (EC). Communication from the commission to the council, the european parliament, the european economic and social committee and the committee of the regions[R]. Thematic strategy for soil protection COM, Brussels, Belgium: European, 2006: 231.
- [18] 张彦山, 韩明玉, 马 杰, 等. 正宁县苹果园土壤肥力综合指数评价[J]. 甘肃农业科技, 2015(2): 6-9.

(本文责编: 陈 珩)