

小四轮拖拉机播前压地 对土壤物理特性及作物生长的影响

李汝莘^① 高焕文 苏元升
(中国农业大学机械工程学院)

摘要 采用小四轮拖拉机在冬小麦种床上压地 1 遍, 小麦播种后测定土壤的体积密度、含水率及温度, 并与种床未经碾压的处理进行比较。结果表明: 压实对 20 cm 内耕层土壤的物理特性有一定的影响。尽管这种影响可以通过耕作来消除, 但播前压实却会对作物的出苗或生长带来危害。

关键词 小型拖拉机; 土壤压实; 土壤物理特性

中图分类号 S 232.5; S 219.1

Effects on Soil Physical Properties and Crop Growth by Small Wheeled Tractor Compaction Before Winter Wheat Sowing

Li Ruxin Gao Huanwen Su Yuansheng
(College of Machinery Engineering, CAU)

Abstract The soil bulk density, moisture content and soil temperature are measured after the compaction of small wheeled tractor operated on the seed bed before winter wheat sowing and compared with the ones in unpressed zones. The result shows that the bulk density in 20 cm of soil depth and the temperature in 0~30 cm depth considerably influenced by the traffic. These effects can be removed by tillage while the compaction is harmful to crop emergence and growth.

Key words small-type tractor; soil compaction; soil physical properties

拖拉机田间作业时, 轮子对土壤要产生压实。尤其是大型拖拉机, 除了破坏地表土壤的结构外, 对较深范围内土壤的物理特性也有明显的影响。本文中结合保护性与带状耕作的研究, 着重分析小型拖拉机在耕后地表通过时产生的压实对土壤物理特性的影响。

1 试验设备及方法

试验地为中国农业大学(东校区)农场, 轻壤土, 地势比较低洼。前茬作物为春玉米。在播种冬小麦前 2 周用铁牛-55 型拖拉机深耕 1 遍, 耕深 25~27 cm, 之后用圆盘耙耙和耩。

采用泰山系列 11 kW 小四轮拖拉机, 轮距加宽为 1.5 m。拖拉机使用质量 980 kg, 后轮分配质量 623 kg, 接地压力 82 kPa, 作业速度 5.9 km·h⁻¹。

试验设 2 种处理: 一种是压实处理; 一种是免压处理。布置 5 次重复。压实处理为采用小

收稿日期: 1997-10-20

^①李汝莘, 北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)214 信箱, 100083

型拖拉机在播前压地1遍;免压处理则采用播幅为1.2 m的带状耕作,即拖拉机进地作业沿固定的车辙行走,车辙中间1.2 m宽的苗带不受机具的碾压。对2种处理分别选定5个测试点,采用容重环法测定土壤体积密度、含水率和孔隙度等。测试深度0~40 cm,分4个层次。地温测定采用经校正的地温表。对2种处理各设3个点,测试深度分为0,5,10,15,20,30,50 cm等6个层次。测试按2种方法进行:一是在播种后,测定每天8:00,14:00和20:00的土壤温度,连续测3 d;一是测定昼夜24 h中每h的地温变化情况。

2 试验结果及分析

2.1 压实对含水率的影响

压实处理时土壤的容积含水率变化如表1。处理完后,在1周内下了2场小雨,又过5 d后测定土壤的含水率。由表中可以看出不同处理的平均含水率十分接近,但是,在2种处理的表层土壤中,水分分布的均匀性差别较大(图1)。分层计算了2种处理各测点含水率的方差,结果为:压实处理0~10 cm土层内含水率的方差2.83,非压实处理1.0,相差近2倍,其他层次无明显差异。由此可见,碾压后的地表存在着局部的径流。在压实处理时,0~10 cm表层土壤的饱和度(容积含水率与孔隙度之比)为50%。通过压实,土壤的体积密度由1.48增加到1.578 g·cm⁻³。如果土壤容积含水率在32%左右(即土壤饱和度为70%左右),这种小型拖拉机可以将土壤的体积密度压实到1.6 g·cm⁻³[1]。

2.2 压实对土壤体积密度的影响

压实增大了土壤的体积密度,而减小了土壤的孔隙度。试验地土壤的有机质含量少,属于贫质薄地,耕耙以后,表层土壤体积密度仍在1.4 g·cm⁻³以上;并且由于大型拖拉机作业频繁,导致表层以下30~50 cm处的土壤体积密度较大。试验结果(图2)表明:小型拖拉机仍能造成进一步的压实,0~10 cm土层的土壤体积密度达到了1.578 g·cm⁻³,比压前增加了0.1 g·cm⁻³。土壤孔隙度和土壤空气孔隙度分别为41.56%和11.72%。如果按田间持水率22%计算,此时的土壤空气孔隙度仅为6.844%(通常在保持田间持水率的情况下,土壤空气孔隙度小于15%时,应视为土壤通气状况不良[2])。由此看出,压实对土壤体积密度的影响是很明显的。由于犁底层的存在和深层土壤紧实度比较大(图2),2种处理在20 cm深度以下的土壤体积密度几乎没有差别。这说明,小型拖拉机对土壤的压实深度一般在耕层以内,在适宜机器作业的土壤湿

表1 平均土壤容积含水率 %

深度/cm	压实前	压实	免压前	免压
0~10	23.23	29.84	23.17	29.56
10~20	24.07	32.12	24.08	32.12
20~30	24.46	32.80	24.52	33.00
30~40	25.13	32.06	25.14	31.38

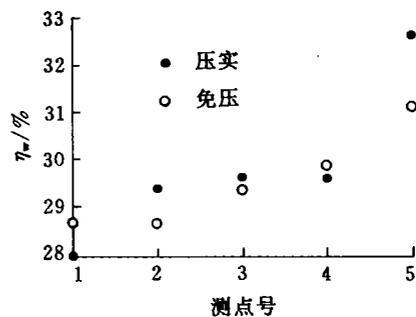


图1 表层土壤水分的分布
(γ_v 为容积含水率)

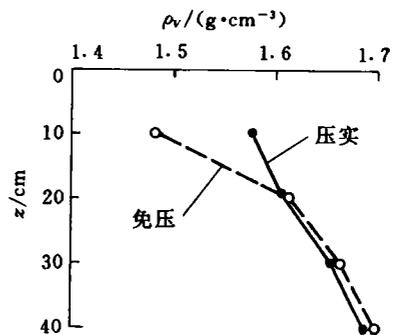


图2 土壤体积密度 ρ_v 随土层深度 z 的变化

度条件下,这一深度范围的土壤体积密度及空气孔隙度变化明显。

2.3 压实对土壤温度的影响

土壤的热状况对作物的生长及微生物的活动有极其重要的影响;同时,土壤温度也直接影响到土壤中水、气的保持和运动以及土壤中其他一些物理过程。地温测试的部分结果如表 2 和图 3 所示。连续测试的 3 d,天气分别是阴天、多云和晴天,气温分别为 6~21,9~19,10~20 ℃。表 2 列出了地温测试均值。可以看出,2 种处理在 3 个时点上的地温存在差异:8:00,在气温上升过程中,免压处理的土壤表层(20 cm 以内)温度略高;而在 14:00 和 20:00,压实处理的 0~30 cm 土层温度均较高,尤其在 20:00 温度相差较大。这一结果说明,压实不仅对地温有影响,而且在土层深度上超过它对土壤体积密度的影响。

表 2 土壤地温测试均值

土层深度/cm	压 实			免 压		
	08:00	14:00	20:00	08:00	14:00	20:00
5	11.29	17.97	12.56	11.21	16.81	12.04
10	11.59	15.96	13.63	11.69	15.78	13.30
15	12.19	14.67	14.20	12.27	14.66	14.10
20	12.94	14.19	14.49	12.90	14.00	14.39
30	14.15	14.28	14.75	14.15	14.22	14.72
50	14.90	14.90	14.70	14.87	14.87	14.77

分析 24 h 的测试结果(图 3)看出:地表温度从 7:00 至 14:00,免压处理略高于压实处理,随后情况相反;在 5 cm 处,从 7:00 到 18:00,压实处理高于免压处理,然后逐渐趋于一致,到 24:00 以后几乎重合。其他各层变化相似(图略),起始时间依次向后平移。表 3 列出不同土层深度 24 h 土壤温度的测试均值。

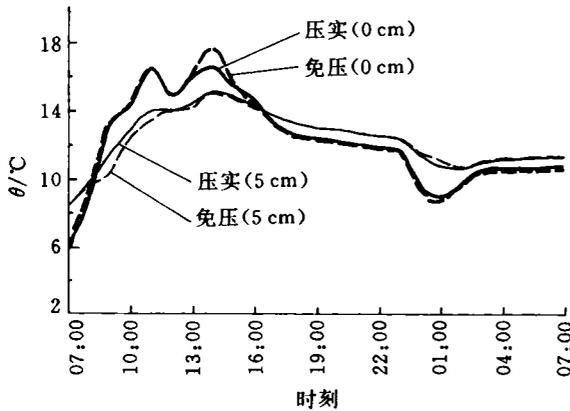


图 3 地表 24 h 内温度的变化

2.4 压实对土壤热性质的影响

土壤的比热容 压实改变了土壤的三相比,所以土壤的容积比热容也发生了变化。由表 4 可以看出,压实处理的表层土壤比热容有所增大。

土壤的热导率 资料表明,同一种土壤,在饱和度为 50%的情况下,土壤体积密度由 1.3 增加到 1.5 g·cm⁻³时,热导率由 0.336 增加到 0.370

24:00 以后几乎重合。其他各层变化相似(图略),起始时间依次向后平移。表 3 列出不同土层深度 24 h 土壤温度的测试均值。

表 3 24 h 平均地温

土层深度/cm	压实	免压	增减
0	12.12	12.09	+0.03
5	12.31	12.17	+0.14
10	12.52	12.45	+0.07
15	12.72	12.63	+0.09
20	12.98	13.02	-0.04
30	13.79	13.82	-0.03
50	14.51	14.55	-0.04

表 4 土壤的容积比热容

土层深度/cm	压实	免压
0~10	2.59	2.50
10~20	2.72	2.72
20~30	2.78	2.80
30~40	2.78	2.76

$\text{kJ}(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$,且土壤含水率越高其增加幅度越大^[2]。本次试验的压实处理使0~10 cm 土层的土壤体积密度由1.48增加到1.578 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,土壤的饱和度在50%以上,若按同样的比例推算,土壤的热导率至少增加了5%。

土壤的热扩散率 由于在正常的土壤湿度范围内,随着土壤体积密度的增大,其热导率的增加幅度比容积比热容的大,所以导致土壤热扩散率也增大。热扩散率直接影响到土壤温度的垂直分布,热扩散率小的土壤,其表层温度升降明显,温度变化大;而热扩散率大的土壤则变化较小。2种处理的土壤温度测试结果(表2和图3)验证了这一点。

另外,压实引起的土壤温度变化,会直接影响土壤中水和空气的运动,使土壤水势、水气的密度与压力以及水的运移产生不同的变化。

2.5 压实对冬小麦苗期生长的影响

在播种20 d后进行了冬小麦的苗期田间调查,部分结果列于表5。可以看出:免压处理的小麦,株高和根长分别比压实处理增加了27.1%和6.7%,增加的主要是地上部分;但是总干

表5 冬小麦苗期植株调查结果(平均值)

处理	株高/cm	根长/cm	根密集区长/cm	10株总干质量/g	10株地下干质量/g
压实	12.25	7.03	3.63	0.578	0.166
免压	15.57	7.50	4.01	0.552	0.133

质量和地下部分干质量却分别比压实处理减少了4.5%和20%,减少的主要是地下部分。这表明压实处理的小麦根多苗壮,似乎看不出压实有什么危害,但从根的密集区长度可以看出,压实处理区的小麦根系主要集中在播深以内的松土层,根的延伸已经受到了限制,而这种限制对以后的小麦生长无疑会更加不利。关于土壤压实、土壤机械强度、土壤持水性及通气性对根系生长的影响,已有许多报道^[1],得出的主要结论是:根系不会通过减小直径而扎入小于其根冠的孔隙中;由于压实增加了土壤的机械强度,减少了土壤中的大孔隙数量,易造成土壤中通气和排水状况恶化,从而使根系受到同时发生的数种胁迫;根系在寻找裂缝或克服土壤的机械压力时,首先需要更多的水分和养分。因此,从促进作物生长的观点来看,应减小根的延伸阻力。

3 结 论

1)田间试验结果表明,小型拖拉机进行田间作业时,如果土壤湿度适宜,在很大的土壤密度范围内都会压实土壤,不应忽视。2)一般情况下,小型拖拉机在田间运行,至少使20 cm深的土壤的体积密度增大,土壤热性质也将出现相应的变化,而对土壤温度的影响深度可达30 cm以上。3)通常在作物收获后的运输和备耕过程中,小型拖拉机造成的土壤压实,可以通过耕地加以消除,对后茬的累积影响不大;但是,耕后和播前造成的碾压却能影响作物的生长,应引起足够的重视。4)在整个处理小区被压1遍以及随后遇到缓慢降雨的情况下,径流不十分明显,但局部地表含水量不匀。如果平时由于小型拖拉机在田间运行而压出较深的轮辙,遇有急雨时则会出现明显的径流。

参 考 文 献

- 1 希勒尔 D 著. 土壤物理学概论. 尉庆丰, 荆家海等译. 西安: 陕西人民教育出版社, 1988. 124~126
- 2 华 孟, 王 坚. 土壤物理学. 北京: 北京农业大学出版社, 1993. 198~204