

文章编号: 100226819(2001)0620039205

不同程度压实对土壤理化性状及作物生育产量的影响

迟仁立¹, 左淑珍¹, 夏平², 刘宏², 刘喜财²

(1. 中国农业大学机械工程学院; 2 黑龙江省农科院克山所)

摘要: 采用大、小四轮式拖拉机在冬小麦播种地上压地 1 到 10 遍, 对照为未压实地, 测定对小麦生育产量影响; 同时进行了不同程度土壤压实后孔隙度为 58%, 52%, 46% 和 40% 的土壤理化性状测定试验。结果表明不同程度压实具有系统累积效应, 为免耕、保护性耕作和减免中耕提供了运用依据。

关键词: 土壤压实; 土壤理化性状; 作物生育产量

中图分类号: S232.5; S219.1 **文献标识码:** A

中国传统精耕细作, 多耕多耙是其特色。尤其中国传统犁是三角犁铧, 犁不透, 有耕和不耕之处^[1], 故需要耙耨镇压, 齐民要术中“犁欲廉劳欲再”也即此意。近代农耕称中式犁耕地有“夹生条”, 南方称“隔条”, 北方称“三角生格子”。进地次数之多, 古代有“十耕萝卜, 九耕麻”, 近代东北有“三铲四耩”, 一季中耕作物进地多达 11 次^[2]。现代采用拖拉机作业, 轮子对土壤产生压实, 尤其是大型拖拉机, 压实较深, 产生明显的压实效应, 本文结合免耕, 保护性耕作和减免中耕的研究, 着重分析大、小型拖拉机 1 到 10 次的压实所造成的不同程度压实效应对土壤理化性状和作物生育产量的影响。

1 试验概况及方法

1) 试验地为河北省河间市边庄农场和黑龙江省呼兰县历井农场; 边庄农场为潮土, 地势平坦, 前茬为春玉米。边庄农场在播种冬小麦之前用铁牛 255 和 11 kW (15 马力) 小四轮拖拉机每处理小区轮迹排压地 1~10 遍, 田间布置见图 1。历井农场按照压地 1 和 10 遍的孔隙度值, 设置 4 个处理随机排列。地势平坦, 黑土, 采用人工定容模拟框和人工定容筒试验, 处理成总孔隙度为 58%, 52%, 46%, 40%。田间布置见图 2。

2) 冬小麦收获期, 每处理分别随机可比选定 2 点, 每点取 1 m² 进行生育产量测定。孔隙度采用容

CK	大拖	小拖	CK	大拖	大拖	小拖	CK
CK	1	2	CK	10	2	1	CK
CK	2	4	CK	9	4	2	CK
CK	3	6	CK	8	6	3	CK
CK	4	8	CK	7	8	4	CK
CK	5	10	CK	6	01	5	CK
CK	6	9	CK	5	9	6	CK
CK	7	7	CK	4	7	7	CK
CK	8	5	CK	3	5	8	CK
CK	9	3	CK	2	3	9	CK
CK	10	1	CK	1	1	10	CK

图 1 边庄大、小拖拉机 1 到 10 次压地田间布置图
Fig 1 Layout of plot after 1 to 10 times compaction with large and small wheeled tractor operation at Bianzhuang

52%	40%	46%
46%	—	—
—	58%	40%
40%	52%	—
—	46%	58%
58%	—	52%

图 2 历井不同压实程度试验田间布置图
Fig 2 Layout of plot after the different compaction at Lijing

重环取样与土壤密度换算, 土壤含水采用经典烘干法, 养分为试验室常规测定。温度采用经器差检定正的水银温度表 24 h 正点观测。水分渗透采用定容筒刻度观测法记录。

2 试验结果及分析

2.1 压实对生育产量的影响

不同程度压实时冬小麦生物量变化如表 1 和图 3、图 4、图 5 所示。

收稿日期: 2001209210 修订日期: 2001210230

基金项目: 国家科委科技项目[(91)6201]“虚实并存耕作的研究与试验示范”

作者简介: 迟仁立, 男, 副研究员, 北京市清华东路 中国农业大学 46 号信箱, 100083; 电话: (010) 62336195

表1 冬小麦生物量变化

Table 1 The changes for biological mass of winter wheat

g · m⁻²

类别	压 次										均值	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
大拖压	263.5	250.5	254.7	224.6	220.9	205.6	184.4	195.2	169.3	157.7	215.29	76.2
小拖压	339.7	325.2	296.8	286.7	299.2	234.3	231.3	202.9	198.3	204.8	261.90	93.9
CK	254.0	321.4	268.9	271.0	281.1	265.5	258.6	274.8	327.4	267.5	279.02	100.0

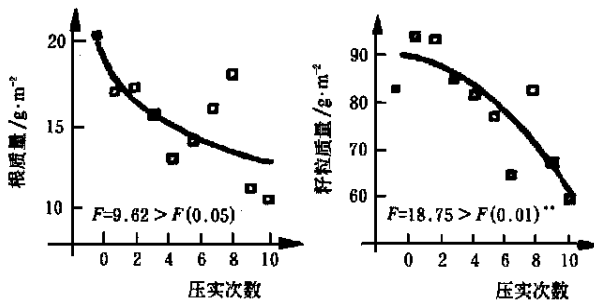


图3 大型拖拉机压实小麦根与籽粒显著性图示

Fig 3 Graph of significance of winter wheat root systems and seeds after the compaction with large wheeled tractor operation

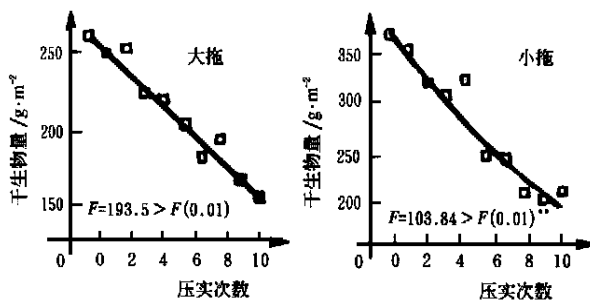


图4 大拖和小拖压实生物量显著性图示

Fig 4 Graph of significance of the biological mass of winter wheat after compaction with large and small wheeled tractor operation

从表1与图5中可见,大拖压1次与10次生物量极差为105.8 g·m⁻²,压1次的生物量比压10次的多40.15%;小四轮拖拉机极差为134.9 g·m⁻²,压1次的生物量比压10次的多39.71%。表明不同次数压实对冬小麦生物量影响很显著:1)无论大拖还是小拖其压实次数与冬小麦生物量呈线性累积关系。2)大拖压实对冬小麦的影响大于小拖压实的影响,大拖压后平均值与CK相差23.8个百分点,小拖压后比平均值只相差6.1个,即压实影响程度与重量呈正相关:作业机具越重效应越显著。从冬小麦的籽实产量、麦根等其它指标的测定也与这一影响趋势相同(见图3、图4)。

2.2 压实对土壤温度的影响

日较差和日均温是对作物影响较大的两项指标,测定如表2所示。从表中可以看出随着压实的加强,日较差和日均温呈规律变化,这一结果表明压实的次数所造成的结果是累加发展的,具有累积效应。

表2 不同程度压实土壤温度的变化

Table 2 The changes of the soil temperature after different compactions

总孔隙度0%	58	52	46	40	极差
最高	50.975	49.450	48.675	46.500	4.475
最低	16.725	17.150	17.625	17.850	-1.125
日较差	34.250	32.800	31.050	28.650	5.600
日均差	11.684	11.669	11.550	11.408	0.276

2.3 压实对土壤养分的影响

有机质、全N、全P是对作物生长影响最大的指标,测定结果如表3所示。从表中可以看出随着压实次数的增加,土壤养分呈递增,这表明压实作用是呈累加状态。这即是免耕培肥土壤的机理。

表3 不同程度压实土壤养分的变化

Table 3 The changes of the soil nutrient after different compactions

总孔隙度	58	52	46	40	极差
有机质	2.98	3.64	4.06	4.82	-1.8400
全N	0.0221	0.0472	0.0474	0.0589	-0.0368
全P	0.1169	0.1307	0.1647	0.1861	-0.0692

2.4 压实对水分的影响

最大持水量、凋萎水和自然含水测定后,可以计算出对作物影响最大的有效水和实际有效水。实测结果如表4所示。

从表中可以看出随着压实的加强,各种形态水均呈增减的规律性变化,这一结果也表明压实的次数对水分的影响是累加发展的。

用含水量13.62%的均质土壤人工设置58%,52%,46%,40%总孔隙度的定容筒,模拟100mm降雨渗透过程试验,结果如表5所示。

表 4 不同程度压实土壤形态水的变化

Table 4 The changes of the soil water after different compaction

	mm				
总孔隙度 $\theta\%$	58	52	46	40	极差
最大持水	123 411	131 505	120 066	111 234	12 177
凋萎水	31 164	36 618	42 072	47 523	- 16 359
自然含水	69 597	92 741	105 813	112 498	- 42 901
有效水	92 247	94 887	77 994	63 711	28 536
实际有效水	34 433	56 123	63 741	64 975	30 542

最大持水- 凋萎水= 有效水, 自然含水- 凋萎水= 实际有效水

表 5 不同压实程度土壤模拟渗透 100 mm 降雨测定

Table 5 The measument of simulated rain 100 mm permeate after different compactions

总孔隙度 $\theta\%$	58	52	46	40	极差
透过时间 θmin	62	480	3 480	6 240	- 6 178
渗透速率 $\theta\text{g} \cdot \text{m} \cdot \text{in}^{-1}$	1. 613	0 208	0 029	0 016	1. 597
透水量 θg	6 102	14 868	32 261	59 472	- 53 370

结果表明, 随着压实, 孔隙度减小, 渗透时间从 62 min 增加到 6 240 min (4 天零 8 小时) 相差近 1 000 倍, 渗透速度递减, 透过水量增加, 即不同孔隙是影响降水渗透的关键因素。

2.5 压实对通气状况的影响

土壤持水量孔隙、非毛管孔隙、毛管孔隙是表明土壤通气状况的指标, 测定结果如表 6 所示。

表 6 不同程度压实通气状况变化

Table 6 The changes of aeration porosity after different compaction

	%				
总孔隙度	58	52	46	40	极差
土壤持水量孔隙	18 863	9 165	5 978	1 922	1. 6941
非毛管孔隙	11 813	5 133	3 827	0 719	11. 094
毛管孔隙	48 187	47. 867	42 173	38 281	9. 906

从表中可以看出随着压实的增强, 各种土壤通气状况都呈递减的规律性变化, 通气状况也表明压实的作用是累加发展的。

2.6 压实对产量与水肥气热的综合变化

将上述不同程度的压实作用对作物、水气热和肥的影响绘到一张图上(见图 5), 可以清楚地看到水肥气热随着压实作用的增强而随之增减, 呈规律性变化, 最终使作物生物量随着压实次数的增加压实累加作用增强而降低。

3 讨论

压实(compaction)的实质是土壤总孔隙度(to 2

tal porosity)减少, 这是问题的关键, 也是压实问题与农业生产实践的联系点。

3.1 不同总孔隙度与松紧度、容重、密度

压实问题在国际学术界受到重视, 投入的科技力量也相当大, 具备了相当研究的深度^[3,5]。国内在 20 世纪 50 年代起步的土壤松紧度试验就是不同孔隙度试验, 也就是压实问题的研究。只是因为土壤松紧度试验用容重(bulk density)作试验指标, 而容重对不同土类是一相对值, 受土壤密度(Soil density)制约^[3]。

孔隙度、容重、密度三者关系为: 孔隙度= 1- 容重 θ 密度。即容重不变, 密度越大, 孔隙度越大; 密度不变, 容重越大, 孔隙度越小^[4](见表 7)。

表 7 容重、密度与孔隙度关系

Table 7 The relationship of the porosity, bulk density and soil density

容重 $\theta\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	密度 $\theta\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$					极差
	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	
0. 8	66. 7	68. 0	69. 2	70. 4	71. 4	4. 8
1. 0	58. 3	60. 0	61. 5	63. 0	64. 3	6. 0
1. 1	54. 2	56. 0	57. 7	59. 3	60. 7	6. 5
1. 2	50. 0	52. 0	53. 9	55. 6	57. 1	7. 1
1. 4	41. 7	44. 0	46. 2	48. 2	50. 0	8. 3
1. 6	33. 3	36. 0	38. 5	40. 7	42. 9	9. 5

由此可知, 密度不同, 相同容重差异很大, 可达 4. 8% ~ 9. 5%, 接近 10%, 其通气状况已发生质的变化, 因此评价压实问题不能用容重作指标, 而应以孔隙度做指标来讨论问题, 这样才能将不同地域, 不同密度的土壤试验结果互比, 这也是本试验中不同压实程度用孔隙度来作指标的原因。它可使将来在全国不同地域的耕作试验结果具有互比性, 便于整理、比较、总结, 上升到理论分析。

3.2 不同孔隙度与土壤水

水在土壤中起主导作用, 它的热容量最大, 含量多少直接决定土壤耕层内温度的高低; 它具有流动性, 水来气走, 水走气来, 直接决定土壤内通透性的好坏。若是好气性环境, 则分解释放速效养分供给作物增产。若是嫌气性环境, 则进行腐殖化作用保存养分培肥土壤。也就是说土壤水决定着温度和养分的变化。从图 5 可以看到, 不同孔隙度是控制水的决定因素, 从 58% 孔隙度到 40%, 水的渗透时间相差近 1 000 倍。这决定着 100 mm 的降水是蓄在土壤中, 还是被水面蒸发或地表径流损失掉, 这对作物生产

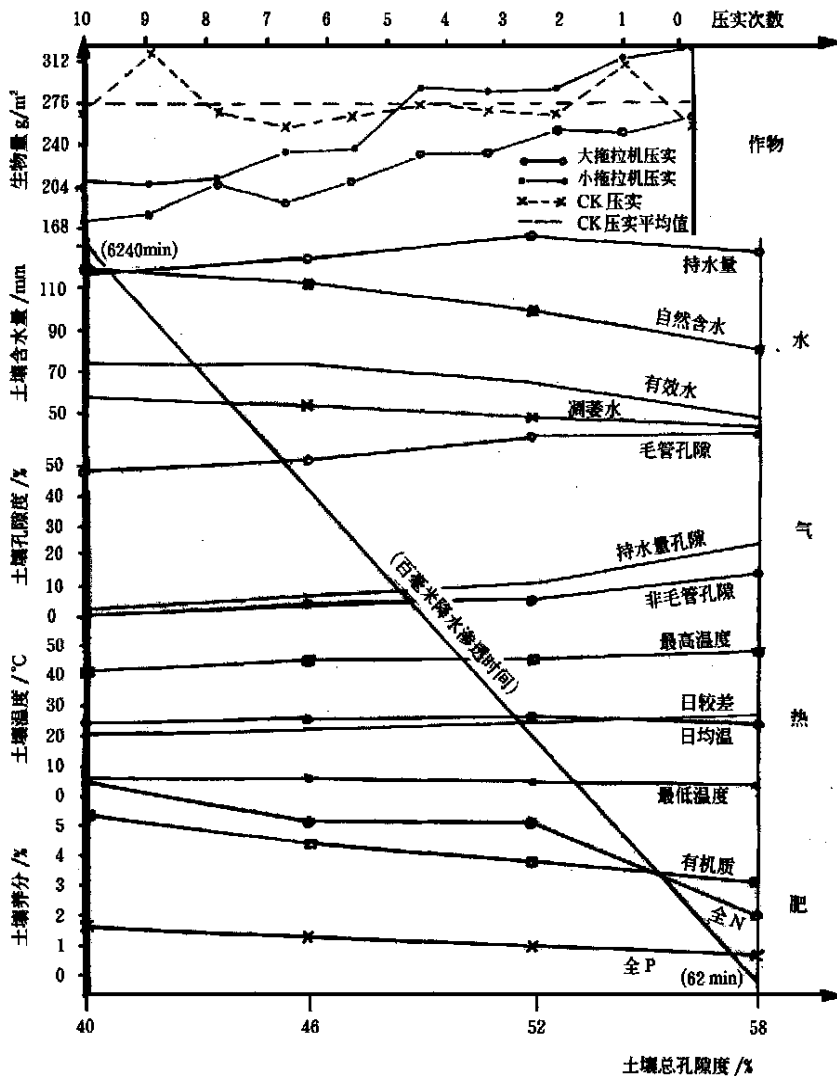


图 5 不同程度压实对作物与水肥气热的综合影响

Fig 5 A comprehensive effect on crop and water, nutrients, air and heat after different compaction

太重要了!经在河北南皮县实测表明,好的耕作方法可以利用每一场 100 mm 左右降雨增加水 5 t/ohm²,达到节水耕作。

3.3 不同耕作与土壤总孔隙度

土壤耕作是调控土壤总孔隙度的最基本手段。土壤太紧实了不利于蓄纳雨水时,需翻耕;太疏松了不利于保墒时要镇压,这本来是几千年传统耕作所证明的可行方法。然而 20 世纪 30 年代中期美国和前苏联的“黑风暴”(dust bow l)震惊了全世界,一本《犁耕者,蠢人也》(plowman's folly)引发了“免耕法”(no tillage)和“保护耕作”(conservation tillage)的研究与应用,甚至一些干旱地区国家立法取消了铧式犁耕翻。同时研究提出免除耕作后,作物根系和

蚯蚓、土壤生物会进行“生物耕作”代替机械耕作,保持土壤“疏松”。然而,许多研究者的报告表明,免耕,保护耕作土壤最基本的特征是土壤总孔隙度减少(R·Scott Russell, R. O. Cannell, R. E. Phillips, J. P. Giere 等, 1973~ 1980)^[6~8]。其实质相当于压实作用,因此对于“机械耕作”和“生物耕作”还应深入研究,查清其长远效应,避免一时疏忽,将来量变累积生质变,积重难返。

3.4 应深入研究不同耕作机理

土壤的变化是理化、生物学过程,是一个细微的量变过程,不易察觉,因而往往不为人们所注意。直到这一变化累积,达到质变——成为明显的土壤肥力衰竭,才引起人们注意,但此时已积重难返,任何

补救方法也难于马上收效。这也是农业生产具有持续的继承性的特点, 因此应该在农学和农机化领域深入研究这一课题, 也希望国家能予以支持。

4 结 论

通过试验研究以及模拟试验可以证实:

1) 不同重量的拖拉机对土壤压实作用不同, 重者压实作用更大, 使产量减产幅度更大。

2) 经过一季作物后未耕动土壤经 1~ 10 次压实减产幅度呈规律性变化, 压实次数越多, 减产幅度越大。

3) 随着压实次数增多, 土壤有效水、自然含水、凋萎水增多, 只有持水量减少。这与土壤不同形态孔隙值减少是一致的, 呈正相关。即压实有保墒作用, 但没有蓄水作用。

4) 随着压实次数增多, 土壤最低温值升高, 有增温作用; 而土壤最高温下降, 有降温作用。日较差随压实作用减小, 日均温则随着压实作用而降低, 即压实有减小温度变幅, 温度变化变缓作用。

5) 一季作物后, 原状土壤大拖 1~ 10 次压实没有增产作用, 而是累加减产, 对土壤理化性状和生育性状也呈系统累加作用。即压实是一种危害正常生产的因素, 生产中应预防或避免。

[参 考 文 献]

- [1] 顾 复 农具学(职业教科书委员会审查通过)[M] 商务印书馆, 1928 35
- [2] 迟仁立, 左淑珍. 耕层土壤虚实说之探源与辨析[J]. <中国农史>, 1989, 1: 65~ 73
- [3] 迟仁立, 左淑珍. 耕层土壤虚实并存效应及其应用技术(一)、(二)[J]. 现代化农业, 1988, 8: 2~ 3, 9: 2~ 4
- [4] 迟仁立. 参加国际土壤耕作研究组织第十一届国际大会及全英农耕考察报告[J]. 土壤肥料, 1990, 1: 35~ 37.
- [5] Bonsu M. Three Indices for Assessing Tillage Induced Compaction in a Shallow Organic soil[A]. Proc 12th International Conference ISTRO [C]. P221~ 228, Nigeria, Ibadan, 1991
- [6] J De Vries. Degradation Effects of Soil Compaction [A]. Proc 8th British Columbia Soil Science Workshop [C]. P91~ 121, British Columbia, Canada, 1983
- [7] Phillips R E, et al. No Tillage Agriculture[J]. Science, VOL. 208: P1108~ 1113, 6 June 1980
- [8] Giere J P, et al. A Closer Look At No Till Farming [J]. Environment, 1980, 22(6): 15~ 20, 37~ 45
- [9] Russell R · Scott. Reduced Cultivation, Soil Condition and Crop growth [M]. < Plant root systems: Their function and interaction with the Soil> Chap 12: P251~ 281, London, 1977.

Effects of Different Level Compaction on the Physicochemical Characteristics of Soil and Crop Growth

Chi Renli¹, Zuo Shuzhen¹, Xia Pin², Liu Hong², Liu Xicai²

(1. College of Machinery Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Keshan Institute of Heilongjiang Agricultural Academy)

Abstract: The physicochemical characteristics of soil and crop growth are measured after 1 to 10 times compacted with large and small wheeled tractor operated on the sowing land. CK is uncompacted land; Meanwhile experiments after different compaction at porosity of 58%, 52%, 46% and 40% were carried out to determine soil physicochemical parameters. The research shows that the different level compaction got systematic accumulated effects of it. And it provides basis for application of no tillage, conservation tillage and reduced intercultivation.

Key words: soil compaction; soil physicochemical characteristics; crop growth