

割草机对苜蓿地土壤压实的试验研究

高爱民, 韩正晟^{*}, 吴劲锋

(甘肃农业大学工学院, 兰州 730070)

摘 要: 用纽荷兰 HW 320 自走式割草压扁机压地 1~10 次, 测定不同压实次数、不同深度土壤体积密度、硬度、孔隙度、三相比、透水性等指标的变化及其每次压实后苜蓿产量的变化。结果表明: 割草机压实对苜蓿地土壤结构参数影响显著; 碾压次数越多, 影响程度越大; 割草机主要使 0~30 cm 土层的土壤结构产生压实; 对透水性影响最为敏感; 压实导致苜蓿减产, 10 次压实使每公顷苜蓿年损失干草 4464 kg。

关键词: 割草机; 苜蓿; 土壤压实; 产量; 试验研究

中图分类号: S345

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)9-0101-05

高爱民, 韩正晟, 吴劲锋. 割草机对苜蓿地土壤压实的试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 101-105.

Gao Aimin, Han Zhengsheng, Wu Jingfeng. Experimental research on alfalfa soil compaction by mowing machine[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(9): 101-105. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

近 30 年来, 农业机械化发达的国家对土壤压实的特征、危害、影响因素及避免措施进行了大量的研究, 中国则刚刚起步。研究指出: 土壤压实的特征是土壤颗粒在压力作用下重新排列, 孔隙率减小, 体积密度增加^[1]。影响土壤压实的因素较多, 含水量对土壤压实的影响最为显著; 不同机型对土壤压实程度不同, 轴载、轮胎形状和内压等均可影响土壤压实; 不同类型的土壤对不同机型的压实反映不同; 免耕、少耕和传统耕作三种方式中, 免耕地表土压实程度最低。压实的主要危害是土壤退化、结构变劣、机械阻力增大、耕作能耗增加、微生物活性降低、土壤质量变差, 使作物减产, 品质下降。根据这些研究成果, 提出了一些相应的避免措施^[2-14]。虽然土壤压实问题已经得到广泛的关注和研究, 但受土壤类型、结构、机械参数等诸多因素的影响, 土壤压实问题的研究还在继续进行, 尤其是中国, 这方面的研究成果并不多, 还需做大量而深入的研究。

苜蓿是世界上栽培历史最悠久、种植面积最大、利用价值最高的优质牧草。苜蓿收获是生产主要环节。目前, 发达国家苜蓿收获的割、搂、捆、运等环节都已机械化, 中国主要苜蓿种植基也逐步引入国外先进的牧草收获机械。苜蓿收获机械主要有割草机、打捆机和运输车,

分别用于割草、打捆和运输 3 道工序。苜蓿为多年生植物, 种植一次可连续收获 6~8 年, 每年收获 3 茬, 每茬每种机械各进地 1 次, 一年 3 种机械将进地 9 次, 整个种植期 6~8 年内, 机器将进地 54~72 次, 且整个种植期内土壤不再耕作, 故机械化收获苜蓿会不断加剧苜蓿地的土壤压实。

割草机是苜蓿机械化收获中主要机械。割草机进地作业时, 对土壤施压, 加之轮胎接地压力较大, 整个收获期内碾压轨迹重复率高, 因此, 割草机对土壤的压实作用较其它后续作业机械更为凸出。故研究割草机对苜蓿地土壤压实的影响具有一定的现实意义和参考价值。

本文通过对纽荷兰 HW 320 型自走式割草机在苜蓿收获中的土壤压实试验, 探讨机械化收获苜蓿对土壤压实的物理性状影响及压实对苜蓿生育产量的影响, 以便为机械化收获苜蓿工艺的合理运行提供必要的借鉴。

1 试验方案与设备

1.1 试验材料与设备

试验在甘肃省西峰区贺咀村苜蓿地进行, 试验地种植紫花苜蓿, 播种方式为撒播, 试验前苜蓿地未经收割机压实, 播种后第二年用纽荷兰 HW 320 自走式割草机分别压地 1~10 次。样地长 100 m、宽 40 m, 中壤土, 无灌溉条件, 地势平坦。试验主要设备有: 纽荷兰 HW 320 型自走式割草压扁机, 4 个轮胎, 主机重 3749 kg, 割台重 1622 kg, 总重 5371 kg, 驱动轮主载, 其轮胎规格为 16.9-24, 断面宽度 17.8 in, 外径 53 in, 内压 180 kPa, 接地面积 0.18 m², 接地压力 87.7 kPa; Agri-dry Rimik Pty Ltd 生产的土壤锥形坚实度仪(CP20); 容重环; 托

收稿日期: 2006-12-06 修订日期: 2007-01-30

作者简介: 高爱民(1981-), 男, 兰州市营门村 1 号 甘肃农业大学工学院, 730070

^{*}通讯作者: 韩正晟(1956-), 男, 教授。兰州市营门村 1 号 甘肃农业大学工学院, 730070。Email: hanzhengsheng@gasu.edu.cn

盘天平; A. L. Franklin Engineers 生产的圆盘渗透仪 (CSIRO disc permeameter); 烘箱。

表 1 土壤初始状态参数

Table 1 Initial parameters of soil

深度 /cm	体积密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	含水率 /%	孔隙度 /%	饱和度 /%
0~ 10	1.28	20.2	51.7	46.8
10~ 20	1.33	18.9	49.8	56.1
20~ 30	1.43	20.3	45.6	66.3
30~ 40	1.44	19.8	45.6	62.8

表 2 各区土壤初始含水率

Table 2 Initial soil moisture content in different plots

深度 /cm	处理 2005 年 10 月 15 日测定										
	免压	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0~ 10	20.4	19.9	20.6	20.1	20.4	19.9	20.5	19.8	20.1	20.6	20.3
10~ 20	19.3	18.8	18.7	19.2	18.6	18.9	18.7	19.3	19.1	19.3	18.9
20~ 30	20.2	19.9	20.3	20.6	20.5	20.1	20.4	20.3	20.0	20.4	20.2
30~ 40	20.1	19.8	20.0	19.5	19.6	20.1	19.8	19.6	20.2	19.6	20.0

1.2 试验设计

按压实次数的不同, 试验设免压、1 次压实、2 次压实、……10 次压实 11 种处理。其中, 重复压实的处理是指割草机在同一车辙上重复进行多次, 各次重复之间时间间隔 1 h, 以便土壤水气有所恢复。每种处理安排一个小区, 每个小区面积 $10 \text{ m} \times 5 \text{ m}$, 试验重复 4 次, 共 44 个小区。碾压后, 在不同碾压次数的区上分别随机取 4 个点, 使用土壤硬度仪, 在 0~ 50 cm 深度上测量土壤硬度, 间隔 2.5 cm 记录一个数据; 在每个硬度测点周围 50 cm 半径范围内用容重环取土样, 免压和第 10 次碾压分别取 0~ 10、10~ 20、20~ 30、30~ 40 cm 4 个土层的土样, 1~ 9 次压实取地表 0~ 10 cm 土层的土样; 在每个容重测点周围选定 2 点, 采用圆盘渗透仪 (CSIRO disc permeameter) 测 20 min 内水的入渗量和渗水前后地表土层的土壤体积含水率; 苜蓿收获期, 每小区分别随机选定 2 点, 每点取 2 m^2 测定产量。

2 试验结果与分析

2.1 压实对土壤体积密度的影响

在表 1、2 所示的土壤初始条件和各区土壤含水率下, 随压实次数的增加, 地表土壤容重变化十分明显, 变化趋势如图 1, 前两次压实, 土壤体积密度迅速增加, 由 1.28 g/cm^3 分别增加到 1.444 g/cm^3 和 1.532 g/cm^3 , 第 8 次压实后, 地表土壤体积密度达到 1.65 g/cm^3 , 其后变化甚微, 10 次压实后, 土壤体积密度比免压状态增加了 28.9%, 表明压实作用已使表层土壤变的相当密实, 结构产生明显改变。

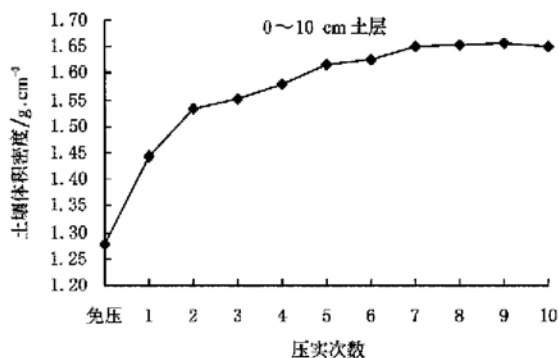


图 1 土壤体积密度随压实次数的变化

Fig. 1 Changes of soil bulk density with the compaction times

试验还比较了压实前后不同深度土层上免压和 10 次压实两种处理土壤体积密度的变化情况 (图 2)。地表土壤体积密度经 10 次压实后增幅最大; 各土层体积密度由免压状态的 1.28 、 1.33 、 1.43 、 1.44 g/cm^3 分别增加到 1.65 、 1.56 、 1.51 、 1.50 g/cm^3 , 比免压处理分别增加了 28.9%、17.29%、5.59% 和 4.16%。免压处理的 0~ 30 cm 土层上土壤体积密度随土层深度的增加而增加, 30 cm 土层以下, 土壤体积密度基本保持在 1.44 g/cm^3 左右。

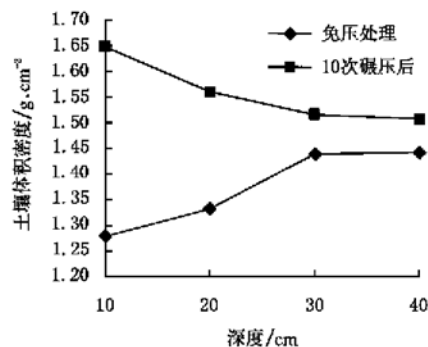


图 2 不同深度土壤体积密度的变化

Fig. 2 Changes of soil bulk density at different soil depths

2.2 压实对土壤硬度的影响

图 3 为 6 个深度上土壤硬度值随压实次数的变化曲线, 由图可看出, 30 cm 以上土层的土壤硬度值随压实次数的增加而增加, 40、50 cm 两个深度层上硬度变化不大。碾压前, 土壤硬度随深度的不同而不同, 硬度值由高到低的土层依次为: 30、40、50、20、10、2.5 cm。土壤硬度的增加主要是前 1~ 5 次压实作用的结果, 30 cm 以上土层土壤硬度受压实的影响程度较大, 随碾压次数的增加其影响减缓, 经 10 次压实后, 2.5 cm 和 10 cm 土层硬度值分别是原来的 3.7 倍和 2.1 倍; 20 和 30 cm 土层受压实影响程度较上两层弱, 随碾压次数增加硬度

缓慢增加; 10、20 cm 土层压实 2 次, 其硬度分别超过了同时受压的 40 和 50 cm 两土层的硬度, 表明割草机碾压使上层土壤硬度逐渐接近或超过坚硬的犁底层硬度。土壤硬度的大小反映了土壤阻力的大小, 硬度值达到一定程度后势必影响到作物根系生长和耕作能量的消耗。

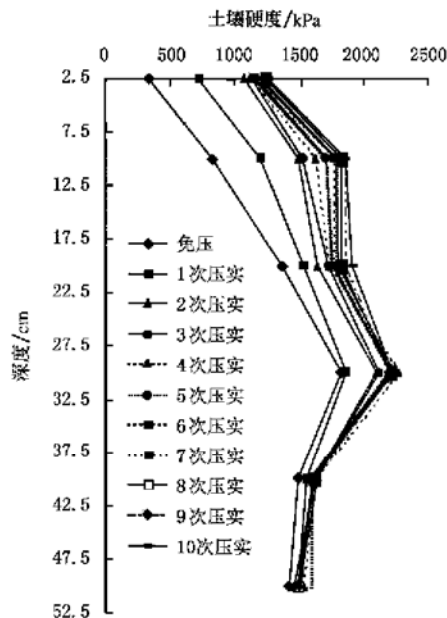


图3 压实对土壤硬度的影响

Fig. 3 Effect of compaction on soil hardness

2.3 压实对土壤孔隙度的影响

由图4可看出, 试验土壤碾压前相当疏松, 表层 0~10 cm 土层的孔隙度超过了 50%, 20~40 cm 土壤孔隙度基本相同, 都为 45%, 碾压后孔隙度值的降低程度随深度增加而减小, 表层土壤孔隙度降至 40% 以下, 降低了 14%, 其余各层孔隙度降至 40% 左右。

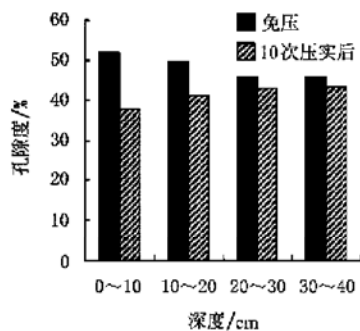


图4 压实对土壤孔隙度的影响

Fig. 4 Effect of compaction on soil porosity

2.4 压实对土壤三相比的影响

碾压前后土壤三相比的变化见表3, 碾压使各层土壤三相比发生了不同程度的变化: 0~10 cm 土层的土壤固相率比原来增加了 29%, 气相率比原来减小了

59.2%, 液相率略有增加; 10~20 cm 土层的土壤固相率增加了 17.1%, 气相率减小了 55.7%, 液相率增加了 19.7%; 20~30 cm 土层的三相率变化较上两土层不明显, 固相率只增加了 5.5%, 气相率减小了 27.7%, 液相率略有增加; 30~40 cm 土层的土壤固相率增加了 4.8%, 气相率减小了 17.5%, 液相率基本无变化。

表3 压实对土壤三相比的影响

Table 3 Effect of compaction on three phases of soil %

		固相率	液相率	气相率
免压	0~10 cm	48.2	25.8	26.0
	10~20 cm	50.3	25.3	24.4
	20~30 cm	54.2	29.2	16.6
	30~40 cm	54.3	28.6	17.1
10次压实后	0~10 cm	62.2	27.2	10.6
	10~20 cm	58.9	30.3	10.8
	20~30 cm	57.2	30.8	12.0
	30~40 cm	56.9	29.0	14.1

依据文献[15]中提到的适宜多数旱地农作物的土壤三相比, 碾压前土壤结构合理, 适宜作物生长, 碾压后固相率偏高, 各层土壤固相率在 60% 左右, 除表层土壤外, 其余各层土壤液相率达到适宜作物生长的液相率的上限, 气相率已低于 15%, 透气性变差, 近地表的 20 cm 土层的土壤气相率已低至 10%, 若其低于 8%~5%, 将会妨碍土壤通气, 从而抑制植物根系和微生物活动。

2.5 压实对土壤导水率的影响

用圆盘渗透仪测得数据之后, 按照试验仪器说明书中所给的计算公式计算土壤饱和导水率(图5)。由图可知, 土壤的饱和导水率对土壤压实非常敏感, 每一次压实, 土壤饱和导水率都有较大变化。压实前, 土壤的饱和导水率为 52.3 mm/h; 压实使土壤的饱和导水率开始下降, 前 6 次碾压后使土壤的饱和导水率急剧下降, 第 4 次碾压后土壤的饱和导水率降至 10 mm/h 以下, 第 6 次碾压后, 土壤的饱和导水率几乎为零。压实阻碍了水分的入渗, 影响了水分的有效吸收和利用。

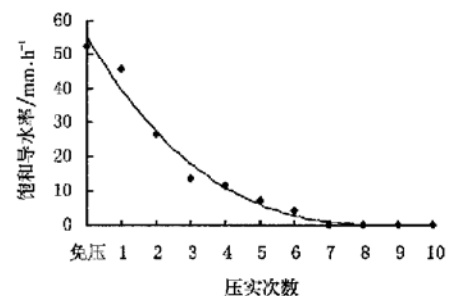


图5 压实次数对土壤饱和导水率的影响

Fig. 5 Effect of compaction times on saturated hydraulic conductivity

2.6 压实对苜蓿产量的影响

割草机压实土壤引起苜蓿产量的变化如图 6 所示, 试验共测定了 3 茬苜蓿在不同压实次数下的干草(含水率 10% 以下)质量, 试验表明, 压实对苜蓿产量有一定影响, 土壤压实引起了苜蓿产量减小, 压实次数对苜蓿产量的影响呈线性累积关系。统计分析表明, 碾压次数对苜蓿生物量影响显著。第一茬苜蓿在压实前每公顷可产干草 8250 kg, 随压实次数的增加, 产草能力逐步下降, 10 次压实后, 产量减至 6455 kg, 减少了 21.8%; 第二茬苜蓿生物量变化趋势同第一茬, 10 次压实产草量减小了 1757 kg; 第三茬苜蓿产量较低, 但还是保持了随压实次数增多而减小的趋势, 10 次压实后平均每公顷减产 912 kg。经统计, 10 次压实后, 年损失干草 4464 kg/hm²。

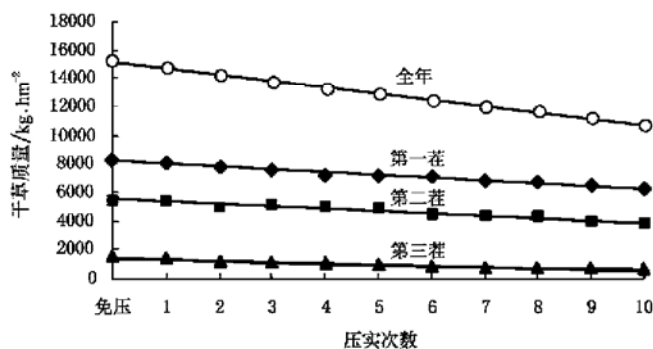


图 6 压实次数对苜蓿产量的影响

Fig. 6 Effect of compaction times on alfalfa yield

3 结论

割草机对苜蓿地土壤的压实导致:

1) 土壤体积密度显著增加, 孔隙度明显减小。体积密度增量随土层加深而减小、表土增加了 28.9%, 30 cm 处土层增加了 5.59%, 30 cm 以下土层基本不增加; 孔隙度减小量随深度增加而减小, 表层孔隙度降低了 14%, 底层降低了 11%。

2) 土壤硬度显著增加。10 cm 以上的土层受压实的影响较大, 且随压实次数的增加而增加, 10 次压实后, 表土硬度增至碾压前的 3.7 倍; 40 cm 以下的土层硬度基本不受压实影响, 碾压使上层土壤硬度逐渐接近或超过犁底层硬度。

3) 土壤固相率增加, 增加量随土层加深而减小, 表土增加了 29%, 底层增加了 4.8%; 气相率显著减小, 10 ~ 20 cm 土层降幅最大, 为 55.7%, 其它土层降幅在 17.6% ~ 27.7% 之间; 液相率有所增加, 10 ~ 20 cm 土层增加较显著, 为 19.8%, 其它土层增加不明显。

4) 土壤导水率急剧减小, 第 4 次碾压后使土壤的

饱和导水率由碾压前的 52.3 mm/h 降至 10 mm/h 以下, 第 6 次碾压后, 土壤的饱和导水率几乎为零。

5) 苜蓿产量下降, 且随压实次数的增加而减产更多, 10 次碾压后使每公顷苜蓿年损失干草 4464 kg, 损失较大。

割草机对苜蓿地土壤压实难以避免, 建议采取以下措施减小土壤被过度压实:

1) 选择合理的工艺路线, 减少同一车辙的重复碾压次数。

2) 合理选择最佳收获时间, 尽量避免在土壤湿度较大的情况下收割。

3) 合理利用有机质降低土壤容重和土壤硬度, 提高土壤抵抗压实的能力。

机械化收获苜蓿对苜蓿地土壤压实的影响因素较多, 打捆机、运草车等机械作业都会引起土壤压实, 压实的土壤在间隔一个季节后其性状也可能有所恢复, 这都需要做进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] Hamza M A, Anderson W K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions [J]. Soil & Tillage Research, 2005, 82: 121–145.
- [2] Thomas G W, Haszler G R, Blevins R L. The effects of organic matter and tillage on maximum compactibility of soils using the proctor test [J]. Soil Sci, 1996, 161: 502–508.
- [3] Benito A, Sombrero A, Escribano C. The effect of conservation tillage on soil properties [J]. Agricultural, Revista Agropecuaria, 1999, 68: 538–541.
- [4] Rao MSRM, Kathavate Y V. Effect of soil compaction on the yields of wheat and maize [J]. Indian Journal of Agronomy, 1972, 17(3): 199–205.
- [5] Singh K K, Gyatri Verma, Verma G. Effect of soil compaction on physical properties of loamy sand soil and yield of groundnut [J]. Research on Crops, 2001, 2(2): 145–147.
- [6] 迟仁立, 左淑珍, 夏平, 等. 不同程度压实对土壤理化性状及作物生育产量的影响 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 39–43.
- [7] 李汝莘, 林成厚, 高焕文, 等. 小四轮拖拉机土壤压实的研究 [J]. 农业机械学报, 2002, 33(1): 126–129.
- [8] 李汝莘, 宋洪波, 高焕文. 小型拖拉机土壤压实的有限元预测 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(4): 66–69.
- [9] 李汝莘, 史岩, 迟淑筠, 等. 机器轮胎引起的土壤压实及其耕作能量消耗 [J]. 农业机械学报, 1999, 30(2): 12–16.
- [10] 赵秀害, 范秀华, 张伟森. 拖拉机对集材道土壤及苗木生长

- 影响的研究[J]. 林业科学, 1994, 30(2): 158– 164.
- [11] 李汝莘, 高焕文, 苏元升. 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[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(2): 65– 68.
- [12] 王晓燕, 高焕文, 李玉霞, 等. 拖拉机轮胎压实对土壤水分入渗与地表径流的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 17(4): 57– 60.
- [13] 孙忠英, 李宝筏. 农业机器行走装置对土壤压实作用的研究[J]. 农业机械学报, 1998, 29(3): 172– 174.
- [14] 张兴义, 隋跃宇. 土壤压实对农作物影响概述[J]. 农业机械学报, 2005, 36(10): 161– 164.
- [15] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005, 5: 66– 129.

Experimental research on alfalfa soil compaction by mowing machine

Gao Aimin, Han Zhengsheng^{*}, Wu Jingfeng

(Engineering College, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Field tests were carried out using New Holland HW320 Self-Propelled windrower on alfalfa soil during clover harvesting in order to check the compacting effects and the alfalfa yield changes resulted from one to ten passes of the mowing machine along the same track. Then the changes of the soil bulk density, soil hardness, under different passes and different depths were measured and porosity, three phases of soil were calculated. And the changes of alfalfa yield after different passes were measured. The results indicate that soil compaction makes alfalfa soil condition change remarkably, all parameters were influenced by mowing machine. The more the number of tyre passes, the higher compaction degree; mowing machine caused the changes of soil structure from 0 to 30 cm depth mainly; water permeability is the most one of sensitive factors, only six passes can cause saturated hydraulic conductivity of water reaching zero. As a result of that soil compaction caused by mowing machine can influence the alfalfa yield and the decrease of alfalfa yield is 4464 kg/hm^2 annually after ten passes as compared to the alfalfa yield of growth in the original field soil.

Key words: mowing machine; alfalfa; soil compaction; yield; experimental research