

小麦地保护性耕作措施和压实 对水分保护的影响^①

杜 兵^② 廖植樨 邓 健

(中国农业大学机械工程学院)

张 进 古润生

(山西省农业机械管理局) (山西省临汾市农机局)

摘 要 在模拟降雨条件下研究小麦地的传统、免耕和深松 3 种耕作措施和 0、25%、50% 和 75% 4 种覆盖度以及拖拉机轮胎压实与非压实对土壤水分保护效果的影响。试验结果表明:在耕作措施、覆盖度和压实 3 种因素中,压实对土壤水分保护效果的影响最大,可以使具有 25%~75% 残茬覆盖的保护性耕作地的平均径流强度增大 3 倍之多。传统耕作加覆盖的保水效果好于免耕加覆盖和深松加覆盖。

关键词 保护性耕作; 土壤水分; 水分保护; 模拟降雨

中图分类号 S233.1

Effects of Conservation Tillage and Tractor Wheel Compaction on Water Conservation

Du Bing Liao Zhixi Deng Jian

(College of Machinery Engineering, CAU)

Zhang Jin

Gu Runsheng

(Shanxi Agricultural Machinery

(Linfen Agricultural Machinery

Management Bureau)

Management Bureau, Shanxi)

Abstract Field trials on the effects of the conventional tillage, no-tillage and subsoiling methods, 4 residue coverages (0, 25%, 50%, 75%) and tractor wheel compaction on water conservation are conducted for wheat crop yield by using rainfall simulation. The results show that tractor wheel compaction has the most important impact on water conservation as compared to tillage methods and residue coverage, and an increase of as much as 3 times in runoff rate on the surface of the conservation tillage field with 25%~75% of residue coverage has been found. The conventional tillage with residue was the best one for water conservation comparing to no-tillage with residue and subsoiling with residue.

Key words water and soil conservation tillage; water in soil; water conservation; rainfall simulation

收稿日期:1997-06-29

①中国-澳大利亚农业研究合作项目

②杜 兵,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)46 信箱,100083

笔者用模拟降雨的方法,以用玉米茬做覆盖物的一年一季的春玉米地为试验地,研究了3种耕作措施(传统、免耕和深松)和4种地表覆盖程度(0,50%,75%和100%)以及拖拉机轮胎的压实因素对土壤水分保护的影响,得出了一些新的结果^[1]。本文继续报道用同样的方法在1年1季的冬小麦地里所获得的试验结果。由于覆盖物和深松处理的形式不同,此结果与玉米试验地有些差别。

1 试验设计和方法

试验在山西省临汾市城隍乡1年1茬的冬小麦地进行,试验时间是1996年6月小麦收获后。试验用地中的免耕地是第5个连续的免耕年,深松地是第5个连续的深松年,模拟降雨试验前,使用双翼式深松机^[2]深松1次。

由耕作措施、覆盖和压实这3种因素进行完全组合,形成共24种处理,如表1所示。对24种处理,共设12个模拟降雨小区。每个小区面积为 $1.5\text{ m} \times 2.0\text{ m}$,长方向对称布置,一半面积上用拖拉机轮胎压实,另一半不压实。模拟降雨前,用铁牛55-型拖拉机将压实处理的试验地压1遍,使每个轮迹紧紧相连,形成压实带。处理因素的布置顺序是:耕作措施—压实与非压实—覆盖。

模拟降雨强度是 $81.2\text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$,每次持续降雨1h。

试验设备和测试仪器同文献^[1]。用烘干法测量土壤含水率。

表1 24种处理

序号	处理的内容	序号	处理的内容	序号	处理的内容
1	传统+0覆盖+压实	9	免耕+0覆盖+压实	17	深松+0覆盖+压实
2	传统+25%覆盖+压实	10	免耕+25%覆盖+压实	18	深松+25%覆盖+压实
3	传统+50%覆盖+压实	11	免耕+50%覆盖+压实	19	深松+50%覆盖+压实
4	传统+75%覆盖+压实	12	免耕+75%覆盖+压实	20	深松+75%覆盖+压实
5	传统+0覆盖+非压实	13	免耕+0覆盖+非压实	21	深松+0覆盖+非压实
6	传统+25%覆盖+非压实	14	免耕+25%覆盖+非压实	22	深松+25%覆盖+非压实
7	传统+50%覆盖+非压实	15	免耕+50%覆盖+非压实	23	深松+50%覆盖+非压实
8	传统+75%覆盖+非压实	16	免耕+75%覆盖+非压实	24	深松+75%覆盖+非压实

说明:“传统”指传统耕作。

2 试验结果与分析

2.1 累积径流量及其回归分析

对模拟降雨期间24种处理产生的累积径流量进行作图分析,结果见图1(a,b,c)。

回归结果表明,大部分处理的累积径流量与径流时间(或降雨时间)呈直线关系。开始的径流速度比较慢,后来逐渐增大,这种情况下的累积径流量与径流时间的关系可以用二次函数来描述,当然也可以分段描述,即初始时用曲线描述,然后用直线描述。

根据回归方程,不难得出各处理开始出现径流的时间和平均单位时间内的累积径流量或径流强度,见表2。

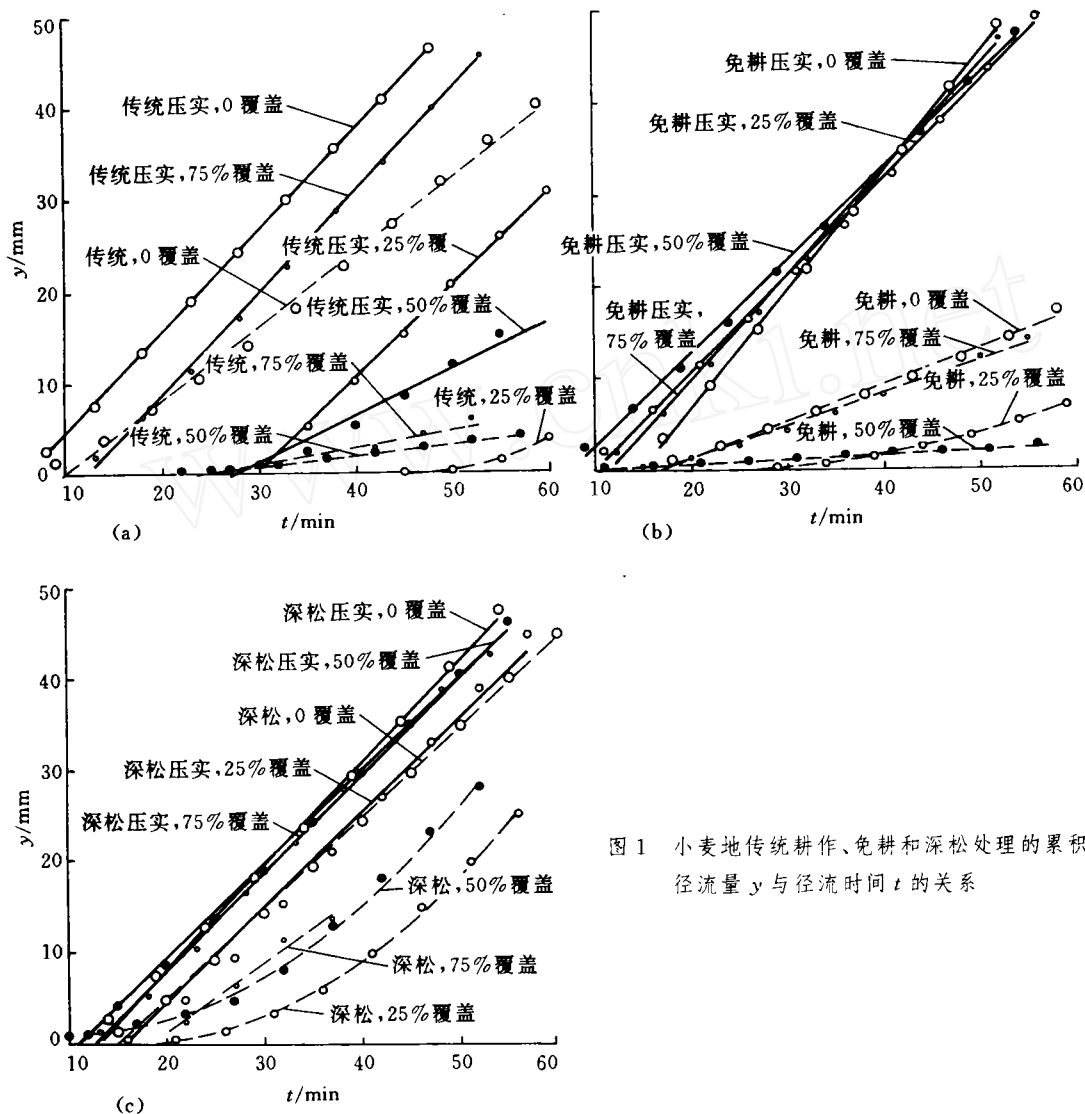


图 1 小麦地传统耕作、免耕和深松处理的累积径流量 y 与径流时间 t 的关系

表 2 试验地各处理的开始径流时间 t_0 和径流强度 R'

参 数	耕作措施	非压实 压实		非 压 实				压 实	
		0 覆盖	25% 覆盖	50% 覆盖	75% 覆盖	25% 覆盖	50% 覆盖	75% 覆盖	
t_0/min	传统	10	6	48	25	24	30	28	12
	免耕	17	15	31	8	17	10	7	12
	深松	15	13	17*	12*	18	16	11	13
$R'/(\text{mm}\cdot\text{h}^{-1})$	传统	39.94	59.53	3.11	4.61	6.77	30.59	16.39	53.04
	免耕	17.25	57.70	6.78	2.96	15.10	52.48	53.05	55.29
	深松	44.36	53.28	27.73	35.48	31.58	46.16	50.54	50.61

* 实际记录数据

2.2 不同措施对开始径流时间的影响

从累积径流量图(图1)看出,耕作措施、覆盖度和压实与非压实对开始径流时间都产生了影响。

1)耕作措施的影响。当覆盖度为0时,传统耕作、免耕和深松处理的平均开始径流时间分别为9,16和14 min,免耕和深松分别比传统晚7和5 min(90%置信度);但当覆盖度为25%~75%时,传统耕作、免耕和深松处理的平均开始径流时间分别为23,15和14 min,传统分别比免耕和深松晚约8 min(95%置信度)。在这2种情况下,免耕和深松处理的平均开始径流时间基本上一样。

2)覆盖的影响。覆盖度为25%,50%和75%处理的平均开始径流时间分别为25,15和16 min,即25%覆盖比50%和75%覆盖分别晚10和9 min(90%置信度)。这一结果同一般的情况即覆盖量越大开始径流会越晚不太相符,其原因可能是,模拟降雨面积较小,当覆盖量增加到一定程度,“秸秆径流”(雨水达到地面之前由秸秆上面流走)增大。50%与75%覆盖度的开始径流时间基本相同。

3)压实与非压实的影响。压实与非压实处理的平均开始径流时间分别为14和20 min,后者比前者晚6 min(95%置信度),说明压实使径流增大的可能性较大。

2.3 不同措施对径流强度的影响

不同措施对径流强度的影响比较复杂,尤其是压实与非压实和覆盖度的交互作用极大地关系着不同耕作措施对径流强度的影响。

1)耕作措施的影响。当覆盖度为0时,传统耕作、免耕和深松处理的径流强度差别不显著,但在没有压实的情况下,免耕处理的径流强度($17.25 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$)比其他2种处理的(39.94 和 $44.36 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$)小得多。试验过程中发现,经清理残茬后得到的“0覆盖”免耕处理,地表上仍留有許多细碎的秸秆和颖壳,即它实际上具有一定的覆盖度,因此其径流强度较小。不过经过压实以后,径流强度急剧增加(这一现象也出现在文[1]中的“0覆盖”免耕处理),此时传统耕作同免耕和深松处理的径流强度(分别为 59.53 , 57.70 和 $53.18 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$)比较接近。

对于非压实的情况,覆盖度为25%~75%时,传统耕作、免耕和深松处理的径流强度分别为 4.83 , 8.28 和 $31.60 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,深松处理的径流强度竟比传统耕作和免耕处理大许多,分别是6.54和3.82倍(前者置信度为95%,后者为99%);但对于压实情况,覆盖度仍为25%~75%时,传统耕作和免耕处理的径流强度(分别为 33.34 和 $53.61 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$)急剧增大,它们与深松处理的径流强度($49.1 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$)的差距减小,有意思的是免耕的径流强度甚至比深松大1.47倍(90%置信度)。这说明具有一定覆盖度的传统耕作、免耕和深松措施对径流强度的影响程度随压实现象的出现而改变,同时也说明压实因素超过了覆盖度对径流强度的影响。

过去的研究^[3,4]表明,深松措施具有打破犁地层、增加土壤蓄水的效果,但在本试验条件下,深松处理的保水效果较差(非压实情况)。通过分析降雨后传统耕作、免耕和深松处理不同土层的含水率增长量(图2(a,b,c)),不难看出,在30~50 cm深的土层中,深松处理的含水率增加最小(见表3)。这一结果可能与深松机具有关:本试验采用了文[2]报道的深松机,它带有2个长25 cm的翼板,破坏了20 cm左右深处土壤的孔洞和毛细管,因而减缓了土壤水分下渗的速度。

2)不同覆盖的影响。在非压实情况下,覆盖度为25%,50%和75%处理的径流强度分别是

12.54, 14.35 和 17.82 mm·h⁻¹, 75% 覆盖的径流强度比 25% 覆盖大 1.42 倍 (90% 置信度); 尽管 50% 覆盖的径流强度比 25% 覆盖略大, 但统计检验结果不显著。这一结果类似于不同覆盖对开始径流时间的影响, 说明覆盖度为 25% 处理的保水效果并不比覆盖度为 50% 和 75% 的处理差, 甚至覆盖度过大, 径流强度有增大的趋势。在文 [1] 中也出现了这一结果。这一结论是否是受模拟降雨面积大小的影响, 还有待进一步研究。

3) 压实与非压实的影响。压实处理的平均径流强度 (48.21 mm·h⁻¹) 比非压实处理 (19.64 mm·h⁻¹) 大 2.45 倍 (99% 置信度), 如果是仅分析具有 25%~75% 覆盖的处理径流强度, 压实处理的平均径流强度 (43.35 mm·h⁻¹) 甚至比非压实处理 (14.90 mm·h⁻¹) 大 3.04 倍 (99% 置信度)。这说明拖拉机轮胎对土壤的压实会大大增加径流强度, 从而加重水土流失。

表 3 降雨后 24 h 测定的土壤含水率净增量 %

耕作措施	土层深 0~30 cm, 25%~75% 覆盖		土层深 30~50 cm, 25%~75% 覆盖	
	非压实	压实	非压实	压实
	传统	8.87	6.62	10.76
免耕	5.89	6.02	10.64	2.69
深松	8.80	6.03	3.25	1.79

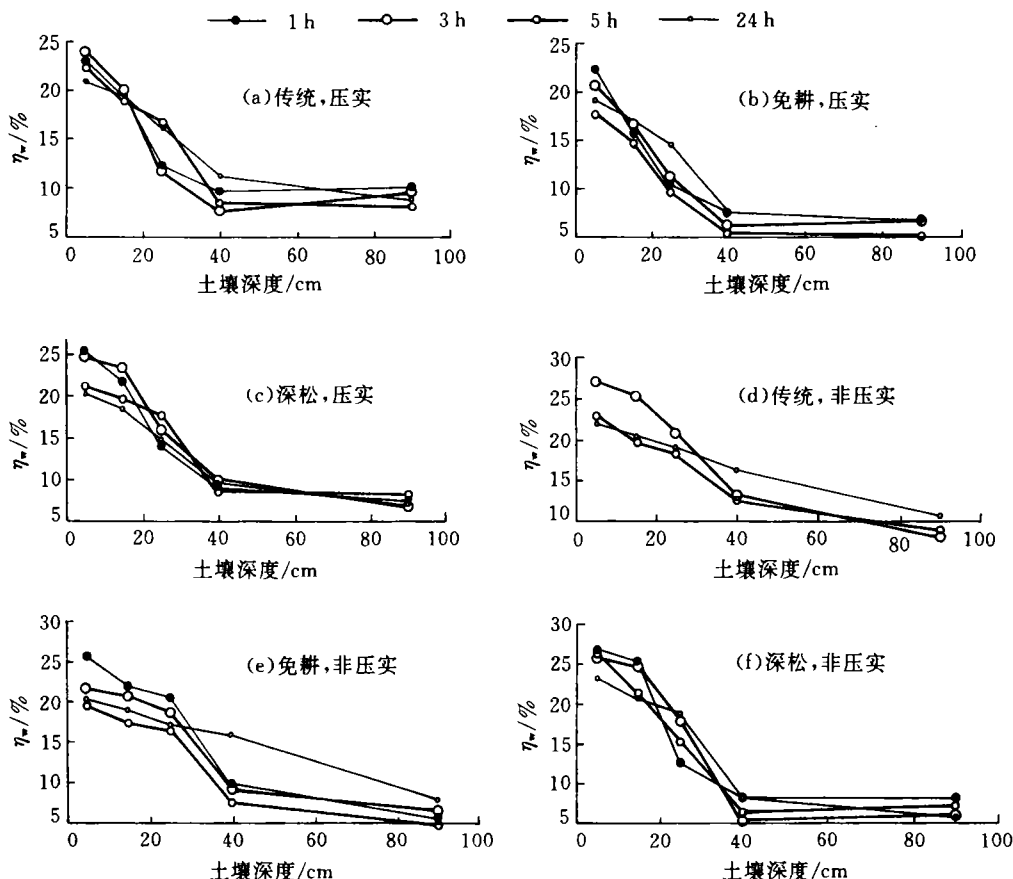


图 2 降雨后 24 h 内各处理 (50% 覆盖) 的土壤含水率 η_w 随时间 t 的变化过程

2.4 降雨后 24 h 内土壤含水率的变化

从图 2(d~f)可以看出,降雨后 24 h 内,传统耕作和免耕处理在 0~40 cm 的土壤深度范围内的水分逐渐向 40 cm 以下的土层转移,说明雨水向土壤深层的渗透比较顺畅;但深松处理的水分是由 0~20 cm 的土层向 20~40 cm 的土层转移,40 cm 以下土层内的含水率变化较小,说明由双翼式深松机造成的土壤结构不利于雨水的入渗。这也说明了为什么非压实深松处理的径流强度比其他 2 种处理的大。

图 2(a,b,c)表明,在压实情况下,降雨后 24 h 内,传统耕作、免耕和深松 3 种处理在 0~100 cm 土层内含水率分布曲线的变化趋势基本相同,40 cm 深度以下的含水率变化较小,说明土壤压实使水分向深层的渗透减弱,同时也说明为什么压实以后,深松处理的径流强度与传统耕作和免耕处理的差别减小。

3 讨 论

1)在耕作措施、覆盖和拖拉机轮胎压实这 3 种因素中,压实对水土流失的影响最大,它甚至可以改变具有一定覆盖度的耕作措施对径流强度的影响的趋势。此一结论同文[1]的相同。这为今后在我国进行保护性耕作方法——固定道作业^[5]的研究提供了有力的支持。

2)拖拉机轮胎对土壤的压实可以使保护性耕作地的径流强度增加高达 3 倍之多。

3)在传统耕作、免耕和深松这 3 种处理(无压实)中,传统耕作加覆盖的径流强度最小($4.83 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$),其次是免耕加覆盖($8.28 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$),由双翼式深松机造成的深松加覆盖的径流强度最大($31.6 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$);因此可以说,在本试验条件下,从减少土壤表面的径流来看,传统耕作加覆盖的保水效果最好,其次是免耕,而双翼式深松机处理最差,但经压实处理后,深松的保水效果比免耕好。

深松措施的保水效果是否因深松机的不同而变化较大,需要进一步作对比研究。

4)无覆盖处理的平均径流强度($45.33 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$)比覆盖度为 25%~75%处理($30.13 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$)高 1.5 倍,但在非压实的情况下,75%覆盖度处理的平均径流强度竟比 25%覆盖度处理大 1.42 倍,说明覆盖量过多,反而会增加水分的流失。在文[1]中也出现了这一结果。它是否受模拟降雨面积大小的影响,有待进一步证明。25%与 50%覆盖处理的平均径流强度无明显差异。

参 考 文 献

- 1 杜 兵,廖植樨,邓 健,等.用人工模拟降雨研究玉米地保护性耕作措施和压实对水分保护的影响.中国农业大学学报,1996,1(增刊):63~67
- 2 李洪文,高焕文,王兴文.可调翼铲式深松机的试验研究,北京农业工程大学学报,1995,15(2):33~39
- 3 张玉发,赫崇今.浅翻间隔深松法的效益分析.干旱地区农业研究,1988,6(4):18~23
- 4 李其昫.深松覆盖免耕沟播技术及其机具.干旱地区农业研究,1993,11(2):20~26
- 5 Tullberg J N. Controlled Traffic in Australia. National Controlled Traffic Conference, Australia, 1995