

秸秆覆盖对降雨入渗影响的试验研究

刘立晶^{1,2} 高焕文² 李洪文²

(1. 中国农业机械化科学研究院,北京 100083; 2. 中国农业大学工学院,北京 100083)

摘要 为研究作物秸秆覆盖对改善农田自然降水利用效果的作用,采用人工降雨的方法模拟小雨、中雨和大雨 3 种不同降雨强度,对雨后玉米、小麦秸秆覆盖地与裸地 0~20 cm 土层土壤含水率分布情况进行了试验。结果表明:小雨后,由于秸秆覆盖阻滞入渗的作用,秸秆覆盖地 0~5 cm 土层土壤含水率短时间内低于裸地,但降雨后 24 h 玉米秸秆覆盖地已与裸地持平,以后逐渐高于裸地,降雨后 52 h 小麦秸秆覆盖地已高于裸地,且裸地水分蒸发量高于秸秆覆盖地;中雨后,秸秆覆盖阻滞入渗作用表现在土壤 5~20 cm 土层;大雨后,秸秆覆盖阻滞入渗作用表现在 10~20 cm 土层。秸秆的吸水性会暂时阻滞雨水的入渗,但随着时间的延长,以及秸秆覆盖抑制水分蒸发的作用,秸秆覆盖地雨水入渗效果均高于裸地,秸秆覆盖在降雨小的情况下仍然有利于雨水的利用。

关键词 秸秆覆盖; 降雨入渗; 水分蒸发

中图分类号 S 233.3

文章编号 1007-4333(2004)05-0012-04

文献标识码 A

Experimental study on effect of mulch cover on rainwater infiltration

Liu Lijing^{1,2}, Gao Huanwen², Li Hongwen²

(1. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China;

2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract In order to study effect of the mulching on improving rainfall use efficiency, simulation was conducted using the artificial rainfall of sprinkle, moderate rain and downfall were simulated. The 0 - 20 cm layer soil water content distribution was compared within 3 treatments, corn mulch cover, wheat mulch cover and no residue cover. The result shows that water content with mulch cover in 0 - 5 cm layer is temporarily lower than that with no residue cover ones after sprinkle because of mulch cover blocking rainfall infiltration. But the soil water content with corn mulch cover is almost the same as no residue cover ' after 24 hours, then higher than no residue cover ' later. The water evaporation with no residue cover is higher than with mulch cover. After moderate rain, blocking effect of mulch cover on leaching is mainly happened in 5 - 20 cm layer, but chiefly in 10 - 20 cm layer after downfall. The water holding capacity of mulch cover 's blocked rainfall infiltration temporarily. However, because of low evaporation, rainfall infiltration effect of mulch cover on water infiltration are higher than that of no residue. Even under the small amount rainfall mulch cover still benefits the rainwater use.

Key words mulch cover; rainfall infiltration; moisture evaporation

华北地区农业用水占该地区总用水量的 85%, 地下水严重超采, 水位逐年下降, 每年用水量超过其供水能力, 因此, 在华北平原建立节水型农业势在必行^[1,2]。目前农业节水措施很多, 最终目的是提高自然降水和灌溉水的利用率。从农艺上考虑, 降低农田无效蒸发是提高农业用水效率的重要技术

途径^[1]。

近年来, 对农田蒸散、土壤蒸发的研究较多, 主要包括对农田水分蒸散规律、蒸腾与蒸发比例关系、抑制土壤蒸发的农艺措施等^[3~8]。秸秆覆盖是减少土壤蒸发的主要低成本措施, 可以抑制土壤水分蒸发, 减少地表径流, 蓄水保墒; 但秸秆具有吸水性,

收稿日期: 2004-04-16

基金项目: 国家“十五”科技攻关计划项目(2001BA504B03)

作者简介: 刘立晶, 博士研究生; 高焕文, 教授, 博士生导师, 主要从事保护性耕作研究。

降雨时可能延缓雨水的入渗,这样,秸秆覆盖对土壤含水量的影响就可能不完全是正面效应。

本研究的目的在于通过试验研究玉米、小麦秸秆覆盖降低土壤水分蒸发,改变土壤水分再分配的作用,以及增加土壤含水量的规律。

1 试验设计与方法

试验于2003年7月至8月在中国农业大学(东校区)农业机械化试验基地进行,土壤质地为重壤土,0~20 cm土层土壤容重 1.514 g cm^{-3} 。试验分玉米秸秆覆盖和小麦秸秆覆盖2组,试验设计见表1。每组试验共6种处理,设6个小区,每小区 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$,每种处理3次重复。秸秆需要量按大田秸秆覆盖量(玉米和小麦秸秆分别为 7.5 和 $4.88 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)折合计算,玉米秸秆 $0.76 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,小麦秸秆 $0.48 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。试验地布置见图1。

表1 试验设计

Table 1 The experimental design

试验水平	因素	
	A 降雨量/mm	B 地表情况
1	10	裸地
2	20	秸秆覆盖地
3	30	

注:秸秆覆盖量按大田生产秸秆量换算。

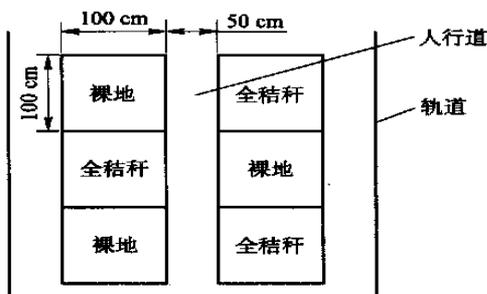


图1 试验小区平面布置图

Fig. 1 The layout of experimental plots

采用自制人工降雨车进行人工降雨,降雨管道水平放置车上,与地面高度固定,在整个试验小区内匀速运动,以保证降雨均匀;容器内水量预先定好,以保证降雨量精确。降雨量按照气象学规定的降雨强度标准计算,24 h降雨量10,20和30 mm,分别模拟小雨、中雨和大雨^[9]。土壤含水率的测定采用烘干法,取土深度分别为0~5 cm(表层),5~10 cm(中

层)和10~20 cm(下层),人工降雨后立即测定。

试验期间无自然降雨及其他水分的影响。

降雨试验:

1)小雨。分2次降雨,每次 2.5 h , $2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 。降雨时间:玉米秸秆覆盖地第1次为2003-07-09 T 11:00—13:30,第2次为次日8:30—11:00;小麦秸秆覆盖地第1次为2003-07-12 T 10:00—12:30,第2次为次日7:30—10:00。

2)中雨。降雨时间:玉米秸秆覆盖地为2003-08-05 T 7:00—10:00;小麦秸秆覆盖地2003-09-01 T 9:00—12:00。

3)大雨。降雨时间:玉米秸秆覆盖地为2003-08-11 T 10:00—13:00;小麦秸秆覆盖地为2003-09-10 T 10:00—13:00。

2 结果与讨论

2.1 秸秆覆盖对降雨入渗量的影响

1)小雨。表2和3示出降小雨后不同处理地的土壤含水率。

a. 玉米秸秆覆盖地。测试当日,表层土壤含水率比裸地低1~3个百分点,但到次日11:00,即降雨后24 h,表层土壤含水率即与裸地持平,到13:00则高于裸地2个百分点;中层和下层秸秆覆盖地含水率始终高于裸地。如果降雨结束,对于表层只考虑蒸发作用,则试验第2天13:00,表层裸地水分蒸发量为 4.46 mm ,覆盖地水分蒸发量为 1.82 mm 。

b. 小麦秸秆覆盖地。2次降雨后,表层土壤含水率比裸地低1~2个百分点,但到第3天14:00,即降雨后52 h,表层含水率已略高于裸地;第2次降雨后当天,中层土壤含水率低于裸地 $1.79 \sim 0.42$ 个百分点,但到次日14:00,即降雨后28 h,就已经高于裸地 0.13 个百分点;下层含水率始终高于裸地。降雨结束后,如果表层只考虑水分蒸发作用,则试验第3天14:00,表层裸地水分蒸发量为 3.61 mm ,覆盖地蒸发量为 2.92 mm 。

2种秸秆覆盖地表层土壤含水率先小后大的主要原因一是秸秆具有吸水性,暂时阻滞了雨水的入渗;二是秸秆覆盖抑制了土壤水分蒸发,裸地表现出较大的蒸发能力。2种秸秆覆盖地表层土壤含水率由小到大变化的时间不同是由秸秆的特性决定的。

综上所述,秸秆覆盖在降雨较小的情况下不利于雨水利用的说法是不正确的,至少是不全面的。

2)中雨。表4和5示出降中雨后不同处理地的

土壤含水率。

表2 降小雨后玉米秸秆覆盖地不同土层土壤含水率

Table 2 The soil water moisture of different layers with corn mulch cover after 10 mm rainfall %

处理	土层深度/cm	第1日			第2日	
		11:00	14:00	16:00	11:00	13:00
A ₁ B ₁ (裸地)	0~5	18.55	15.84	13.90	12.82	9.63
	5~10	8.95	9.66	9.57	9.65	8.60
	10~20	8.33	9.01	9.05	9.10	9.38
A ₁ B ₂ (覆盖地)	0~5	15.47	13.55	12.62	12.84	11.84
	5~10	9.10	10.15	10.63	10.75	10.34
	10~20	8.51	9.02	10.71	10.04	10.03

注:24 h雨量10 mm,表3同。

表3 降小雨后小麦秸秆覆盖地不同土层土壤含水率

Table 3 The soil water moisture of different layers with wheat mulch cover after 10 mm rainfall %

处理	土层深度/cm	第1日			第2日		第3日
		10:00	13:00	16:00	8:00	14:00	14:00
A ₁ B ₁ (裸地)	0~5	20.28	17.97	16.72	15.39	14.68	13.06
	5~10	14.53	14.91	14.51	14.20	14.33	14.03
	10~20	12.40	12.96	13.09	13.23	13.36	13.33
	0~5	18.98	16.44	15.60	14.24	12.93	13.15
A ₁ B ₂ (覆盖地)	5~10	12.74	13.81	14.09	14.11	14.46	14.32
	10~20	12.45	12.45	13.48	13.81	14.09	13.49

表5 降中雨后小麦秸秆覆盖地不同土层土壤含水率

Table 5 The soil water moisture of different layers with wheat mulch cover after 20 mm rainfall %

处理	土层深度/cm	当日		次日			第3日	
		12:00	15:00	8:00	11:00	14:00	9:00	14:00
A ₂ B ₁ (裸地)	0~5	21.13	19.64	18.49	17.37	16.17	17.32	15.24
	5~10	19.50	19.05	17.12	17.09	17.00	16.62	15.98
	10~20	17.96	18.67	17.50	17.29	16.67	16.49	16.07
A ₂ B ₂ (覆盖地)	0~5	22.61	20.38	18.79	17.68	17.56	18.25	17.25
	5~10	18.71	18.26	17.39	17.21	17.05	16.83	16.43
	10~20	17.67	18.47	17.66	17.33	17.18	16.92	16.27

3)大雨。表6和7示出大雨情况下不同处理地的土壤含水率。

a. 玉米秸秆覆盖地。降雨后表层和上层土壤

a. 玉米秸秆覆盖地。降雨后当日,玉米秸秆覆盖地表层土壤含水率高于裸地,但中层和下层土壤含水率分别低于裸地约0.5和0.3个百分点和0.10~0.47个百分点;到次日8:00,中、下层土壤含水率都已高于裸地。

b. 小麦秸秆覆盖地。降雨后当日,小麦秸秆覆盖地表层土壤含水率始终高于裸地,但中、下层土壤含水率分别低于裸地0.79和0.29个百分点;到次日8:00,其中层和下层土壤含水率也都高于裸地。

综上所述,2种秸秆覆盖地的降雨入渗规律相同,降雨后覆盖地中层和下层土壤含水率暂时略低于裸地的主要原因是秸秆起到了阻滞降雨入渗的作用。

表4 降中雨后玉米秸秆覆盖地不同土层土壤含水率

Table 4 The soil water moisture of different layers with corn mulch cover after 20 mm rainfall %

处理	土层深度/cm	当日		次日	第3日	
		10:00	13:00	8:00	10:00	10:00
A ₂ B ₁ (裸地)	0~5	24.51	21.99	19.69	19.18	17.93
	5~10	19.27	19.00	17.58	17.22	17.14
	10~20	18.65	18.84	18.57	18.91	17.46
A ₂ B ₂ (覆盖地)	0~5	25.79	22.60	20.52	19.50	18.21
	5~10	18.83	18.42	18.63	17.90	17.44
	10~20	18.28	18.74	18.72	18.82	17.96

注:24 h降雨量20 mm,表5同。

含水率均高于裸地;降雨后当天,下层土壤含水率略低于裸地,但到次日10时,就已经高于裸地0.33个百分点。

b. 小麦秸秆覆盖地。降雨后表层和上层土壤含水率均高于裸地。降雨后当天,下层土壤含水率低于裸地 1.0~1.5 个百分点,但到次日 12 时已与裸地持平,到 15 时已高于裸地 0.4 个百分点。

表 6 降大雨后玉米秸秆覆盖地不同土层土壤含水率

Table 6 The soil water moisture of different layers with corn mulch cover after 30 mm rainfall %

处理	土层深度/ cm	当 日			次 日		第 3 日	
		13:00	15:00	17:00	8:00	10:00	14:00	8:00
A ₃ B ₁ (裸地)	0~5	22.42	20.24	19.90	19.00	17.82	16.68	15.96
	5~10	20.06	18.67	18.24	17.96	17.62	17.01	16.55
	10~20	18.93	19.19	18.13	17.85	17.40	16.95	16.26
A ₃ B ₂ (覆盖地)	0~5	22.86	22.09	21.26	20.18	19.77	18.54	17.14
	5~10	20.64	20.00	19.99	18.23	17.66	17.32	16.72
	10~20	18.31	18.41	18.02	17.74	17.73	17.28	16.81

表 7 降大雨后小麦秸秆覆盖地不同土层土壤含水率

Table 7 The soil water moisture of different layers with wheat mulch cover after 30 mm rainfall %

处理	土层深 度/cm	当 日		次 日		第 3 日	
		13:00	16:00	12:00	15:00	8:00	13:00
A ₃ B ₁ (裸地)	0~5	24.24	21.40	19.66	18.35	18.77	17.24
	5~10	20.90	20.05	19.49	18.32	17.53	17.46
	10~20	18.98	18.45	17.98	17.05	16.95	16.54
A ₃ B ₂ (覆盖地)	0~5	24.74	22.09	20.07	19.34	19.22	19.05
	5~10	21.04	20.22	19.78	18.85	17.88	17.82
	10~20	18.72	18.15	17.89	17.44	17.02	16.91

综上,玉米和小麦秸秆覆盖对大雨后的雨水入渗影响规律相同,覆盖地下层的土壤含水率暂时略低的主要原因是秸秆覆盖对雨水产生了阻滞作用,随着降雨强度的增加,这种阻滞作用减弱。

2.2 表层土壤含水率随时间的变化

土面蒸发过程分为 3 个阶段,表土蒸发强度保持稳定的阶段,即大气蒸发力控制阶段;表土蒸发强度随含水率变化阶段,即土壤导水率控制阶段;水汽扩散阶段^[10]。这 3 个阶段都与表层土壤含水率密切相关,为了分析表层土壤含水率随降雨后时间的变化情况,对不同强度降雨后各处理表层土壤含水率与降雨后时间的变化进行拟合,结果见表 8。可以看出,在玉米、小麦秸秆覆盖下,不同强度降雨后,表层土壤含水率与时间拟合效果较好,说明降雨后秸秆覆盖地表层蒸发处于稳定阶段,表层土壤含水

率随时间呈二次函数变化。

表 8 不同强度降雨后 0~5 cm 土层土壤含水率与入渗时间的拟合结果

Table 8 The relationship between soil water content of 0 - 5 cm and infiltration duration under the different rainfall intensities

试验因素组合	相关系数 R ²	
	玉米秸秆覆盖	小麦秸秆覆盖
A ₁ B ₁	0.83	0.91
A ₁ B ₂	0.80	0.90
A ₂ B ₁	0.94	0.83
A ₂ B ₂	0.91	0.89
A ₃ B ₁	0.91	0.87
A ₃ B ₂	0.96	0.92

3 结 论

- 1) 小雨后,秸秆覆盖地表层和上层土壤含水率先小后大,下层含水率始终高于裸地,因此在降雨较小的情况下,秸秆覆盖仍然有利于增加土壤含水率。
- 2) 中雨后,玉米、小麦秸秆覆盖地 0~20 cm 土层中土壤含水率变化规律相似,表层土壤含水率始终高于裸地,秸秆阻滞入渗作用表现在中层和下层。
- 3) 大雨后,玉米、小麦秸秆覆盖地,表层和上层土壤含水率均高于裸地,秸秆阻滞入渗作用表现在土壤的下层。
- 4) 不同强度降雨后,表层蒸发处于稳定阶段,表层土壤含水率随时间呈二次函数变化。

(下转第 50 页)

表 1 滚齿机上得到的接触区与采用软件得到的接触区的比较(轮 2)

Table 1 The contact patterns on the testing machine compared with the ones from the software

齿面	滚齿机	软件
凸面		
凹面		

3 结束语

建立的齿面接触分析模型为“奥”制锥齿轮和准双曲面齿轮的设计加工提供了一种快速且较为精确的预测齿面接触质量的方法,但未考虑安装误差、载荷、热处理后的变形等因素。若考虑上述因素,则可以更加精确地预测两齿轮的接触质量。这也是应进一步研究的方向。

参 考 文 献

[1] 董学朱. 齿轮啮合理论基础[M]. 北京:机械工业出版社,1989. 1~141

[2] 北京齿轮厂. 螺旋锥齿轮[M]. 北京:科学出版社,1974. 1~372

[3] 徐潮德. 延伸外摆线锥齿轮齿面接触区的位移特性[J]. 汽齿科技,2001(1):39~50

[4] 董学朱. 摆线齿锥齿轮及准双曲面齿轮设计与制造[M]. 北京:机械工业出版社,2002. 1~142

[5] 陈芳,周云飞,李小清. 奥里康制齿轮数控加工运动变换分析[J]. 机械与电子,2002(1):73~75

[6] 邹玟,张文祥,张友良. 克林贝格锥齿轮的计算机模拟加工[J]. 机械科学技术,2003(5):412~414

[7] 房怀英,洪尚任,杨建红. 克林贝格螺旋锥齿轮的建模与仿真[J]. 华侨大学学报(自然科学版),2004(1):67~70

(上接第 15 页)

参 考 文 献

[1] 石元春,刘昌明,龚元石. 节水农业应用基础研究进展[M]. 北京:中国农业出版社,1995. 1~6

[2] 薛亮. 中国节水农业理论与实践[M]. 北京:中国农业出版社,2002. 20

[3] 左大康,谢贤群. 农田蒸发研究[M]. 北京:气象出版社,1991. 1~4

[4] 王会肖,刘昌明. 农田蒸散、土壤蒸发与水分有效利用[J]. 地理学报,1997,52(5):447~454

[5] 裴冬,张喜英,李坤. 华北平原作物棵间蒸发占蒸散比

例及减少棵间蒸发的措施[J]. 中国农业气象,2000,21(4):33~37

[6] 胡斌. 夏玉米田秸秆覆盖效果的试验研究[J]. 灌溉排水,1998,17(3):46~48

[7] 谢森传. 农田水分循环中的蒸发蒸腾计算[J]. 清华大学学报(自然科学版),1998,38(1):107~110

[8] Farahani H J, Ahuja L R. Evapotranspiration modeling of partial canopy/ residue-covered fields[A]. Transactions of the ASAE[C], 1996,39(6):2051~2064

[9] 北京农业大学. 农业气象[M]. 北京:农业出版社,1992. 59

[10] 雷志栋,杨诗秀,谢森传. 土壤水动力学[M]. 北京:清华大学出版社,1988. 132~136