

玉米茬不同处理方式对土壤耕层水分的影响

肖继兵¹, 杨久廷¹, 辛宗绪¹, 张景会¹, 孙占祥², 张玉龙³

(1. 辽宁省水土保持研究所, 辽宁 朝阳 122000; 2. 辽宁省农业科学院, 辽宁 沈阳 110161;
3. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 针对朝阳半干旱区春季十年九旱的实际情况, 在秋后玉米地设置了玉米地留茬、留茬覆盖玉米秸秆、翻耕、翻耕后覆盖玉米秸秆和翻耕后覆盖地膜 5 种不同处理方式, 探讨不同处理方式对春播前表层土壤水分的影响。测定结果表明, 各处理春播前表层土壤水分含量大小顺序为翻耕后覆膜>翻耕后覆盖秸秆>留茬覆盖秸秆>翻耕无覆盖>留茬无覆盖, 其中翻耕覆膜处理土壤含水率为 17.03%, 比留茬无覆盖处理高 4.51%, 比翻耕无覆盖处理高 2.57%, 比留茬覆盖秸秆处理高 1.27%, 比翻耕覆盖秸秆处理高 0.66%。

关键词: 土壤水分; 留茬; 翻耕; 留茬覆盖秸秆; 翻耕覆盖秸秆; 翻耕覆膜

中图分类号: S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0065-06

干旱缺水是全球农业生产面临的严重问题, 也是制约我国农业和经济发展的重要因素^[1]。我国的半干旱地区占国土面积的 21.7%^[2], 辽宁省是中国北方严重缺水省份之一^[3]。近年来, 由于人类活动和自然因素的共同作用, 气候变暖的趋势正日益加剧。随着气候变暖干旱问题越发突出, 我国东北辽西地区更为严重^[4]。该区气候干燥, 春季降水少, 气温高, 春风多, 蒸发量大, 致使土壤大量失墒, 且风蚀严重^[5]。秋收后对玉米地采取不同处理方式, 尽可能减少秋、冬、春季土壤水分的无效蒸发及风蚀的影响, 确保春季能够足墒适时播种。甘肃省农科院王勇进行了旱地玉米秋覆膜春播增产机理研究, 表明秋覆膜保水保墒效果明显^[6]。沈阳农业大学张雯、侯立白等人在辽西干旱和半干旱区进行了留茬免耕、留茬覆盖及灭茬免耕三种保护性耕作措施, 表明抑制土壤水分蒸发的作用主要表现在 0~20 土层^[7]。沈阳农业大学的张玉龙和黄毅等人在辽西地区也进行了玉米茬秋后不同处理方式对土壤水分的影响研究, 取得了一定的效果^[4,8]。本研究以辽宁省西部的朝阳旱作农业示范区为研究对象, 在前人研究的基础上, 探讨玉米地秋后不同处理方式对翌年春季农田土壤水分的影响, 以期对朝阳地区旱作农业保墒技术的发展提供理论基础, 为该领域的研究作一补充。

1 试验区概况

朝阳位于辽宁西部, 北纬 40°21'~42°20', 东经 118°50'~120°50', 全市共有耕地 40 万 hm², 山坡地占 70%以上, 是以山地、坡地为主的农业区。朝阳

地区多年平均降水量为 480 mm 左右, 而且多集中在夏季, 6~8 月降水占全年降水总量的 70%以上, 而且多为暴雨, 此区年均蒸发量为 2 140 mm 以上, 蒸发量远远大于降水量。由于降水与蒸发不平衡, 而且历年春季降水少, 气温高, 春风多, 蒸发量大, 致使土壤大量失墒而干旱。这样就形成了朝阳地区秋、冬、春三季干旱, 十年九旱的半干旱地区的自然特点。

2 试验材料与方法

试验地设在辽宁省水土保持研究所示范农场, 试验田为典型的砂壤土, 耕层土壤容重为 1.40 g/cm³, 为旱作平地。该试验共设 5 个处理, 具体见表 1, 翻耕后覆盖处理方法是先翻耕然后耙平, 然后覆盖。使用畜力翻耕, 深度为 15~18 cm, 每个处理小区面积为 60 m², 随机区组设计, 三次重复。

表 1 各处理及对应编号	
Table 1 Treatments and corresponding number	
编号 Number	处理 Treatment
1	留茬无覆盖 Stubble remaining
2	留茬覆盖秸秆 Stubble covered straw
3	翻耕无覆盖 Tillage without covering
4	翻耕覆盖秸秆 Tillage plus straw covering
5	翻耕覆盖地膜 Tillage plus film covering

从 2008 年 3 月 19 日开始对各处理的土壤含水率进行测量, 测量深度分 4 个层次, 分别为 0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm 和 15~20 cm, 每个处理取三个

点测量,土壤含水率用烘干法测量。以上 5 个处理在本文图和表中分别以数字 1、2、3、4 和 5 代替,在图和表中不再说明。文中数据分析采用 DPS 8.50 统计软件进行分析。

3 结果与分析

3.1 不同处理对各层次土壤含水率的影响

3.1.1 不同留茬处理对土壤含水率的影响 从图 1 可以看出,两种处理土壤含水率基本随深度的增加而升高,深度增加,土壤的温度相对较低,水的蒸发作用较弱,因此保水效果较好^[8]。留茬无覆盖处理和留茬覆盖秸秆处理在雨前(即 4 月 18 日前)各层次土壤含水率随时间的推移,呈逐渐下降的趋势。

留茬无覆盖处理 0~5 cm 层次土壤水分下降速度小于其余各层次土壤水分下降速度,留茬覆盖秸秆处理 0~5 cm 土壤水分下降速度小于 5~10 cm 和 10~15 cm 两层次土壤水分下降速度,略大于 15~20 cm 层次土壤水分下降速度。这一方面是因为 0~5 cm 层次土壤水分已经很小,可供蒸发的水分少所致,另一方面可能是因为留茬覆盖秸秆处理由于表面有覆盖物,因此 15~20 cm 层次土壤水分下降速度比较平缓,小于 0~5 cm 土壤水分下降速度。同时,留茬覆盖秸秆处理 0~5 cm 层次土壤水分下降速度大于留茬无覆盖处理,这可能是由于留茬覆盖秸秆此层次土壤水分高于无覆盖处理,可供蒸发的土壤水分较无覆盖多的缘故。

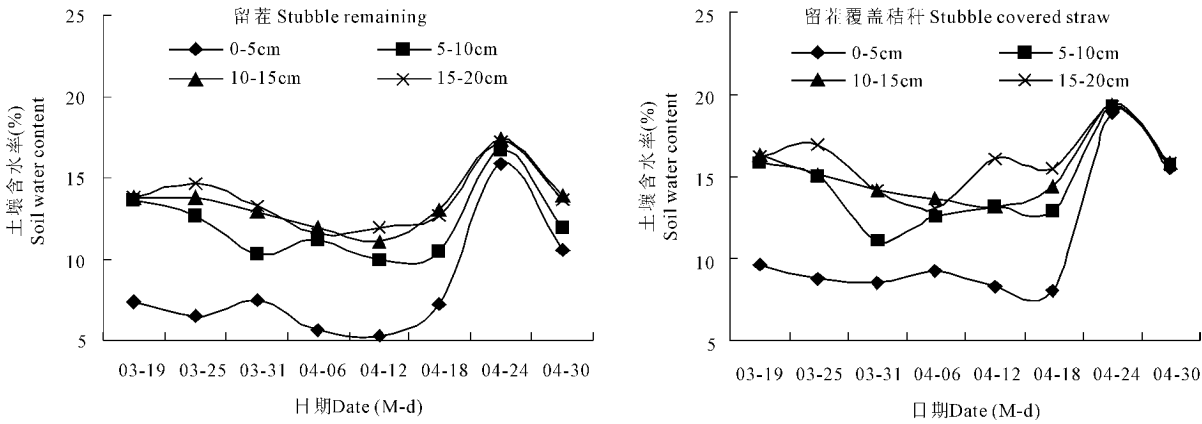


图 1 不同留茬处理各层次土壤含水率动态变化

Fig. 1 The change of soil water content of different treatments under the stubble condition

雨前两种处理各层次土壤含水率随时间的增加呈下降趋势,主要是由于春季随着时间的推移,气温逐渐升高,春风大,土壤蒸发强烈所致。但这 4 个层次土壤水分平均下降速度覆盖秸秆处理要比无覆盖处理平缓。这主要是由于秸秆覆盖一方面可使土壤避免风吹日晒,保护土壤表层结构。另一方面秸秆覆盖可以使土壤与大气之间形成一个隔离层,阻断了太阳辐射直接照射地面,阻碍了气热流交换,可以隔断蒸发表面与下层毛细管的联系,减弱土壤空气和大气间的交换强度^[9],减少了土壤水分的蒸发损失。4 月 23 日降雨量为 12.5 mm,两种处理各层次土壤含水率明显增加,0~5 cm 层次土壤水分增加幅度最大,4 月 24 日至 4 月 30 日期间两种处理各层次土壤含水率随着时间的推移明显下降,但留茬覆盖秸秆处理表层土壤水分下降幅度小于留茬无覆盖处理,可见,雨后最初几天秸秆覆盖保墒效果明显。

3.1.2 不同翻耕处理对土壤含水率的影响 从图 2 分析,在 4 月 18 日以前(即雨前),各处理土壤含水率基本上随深度的增加而升高,翻耕无覆盖处理

0~5 cm 层次土壤含水率随时间的增加变化很小,这可能是此层次土壤含水率低,可供蒸发的水分少所致。5~10 cm 和 10~15 cm 随时间的增加呈下降的趋势,但下降速度小于留茬无覆盖处理,15~20 cm 土壤含水率变化幅度很小。翻耕覆盖秸秆处理 0~15 cm 各层次土壤水分随时间的推移变化很小,15~20 cm 土壤水分呈逐渐增加的趋势,而留茬覆盖秸秆处理各层次土壤水分随时间的增加呈明显下降的趋势。翻耕覆盖地膜处理各层次土壤水分随着时间的推移都呈明显增加的趋势。这是由于翻耕无覆盖处理虽然切断了毛管能减少地表蒸发,加上表面有干土覆盖,可以明显抑制土壤水分蒸发,保水作用强,但春季提墒能力差^[10],所以翻耕无覆盖处理在翌年春季风大,气候干燥的情况下,表层土壤逐渐失墒,但表层土壤水分下降速度小于留茬无覆盖处理。而翻耕后覆盖秸秆处理,由于一方面翻耕切断毛管能减少地表蒸发,加上表面有干土层覆盖,干土层含水率很低,接近于 0,而且到达地面的辐射热也难以向下传导,下层的水也不能迅速向土面运行,因而蒸

发

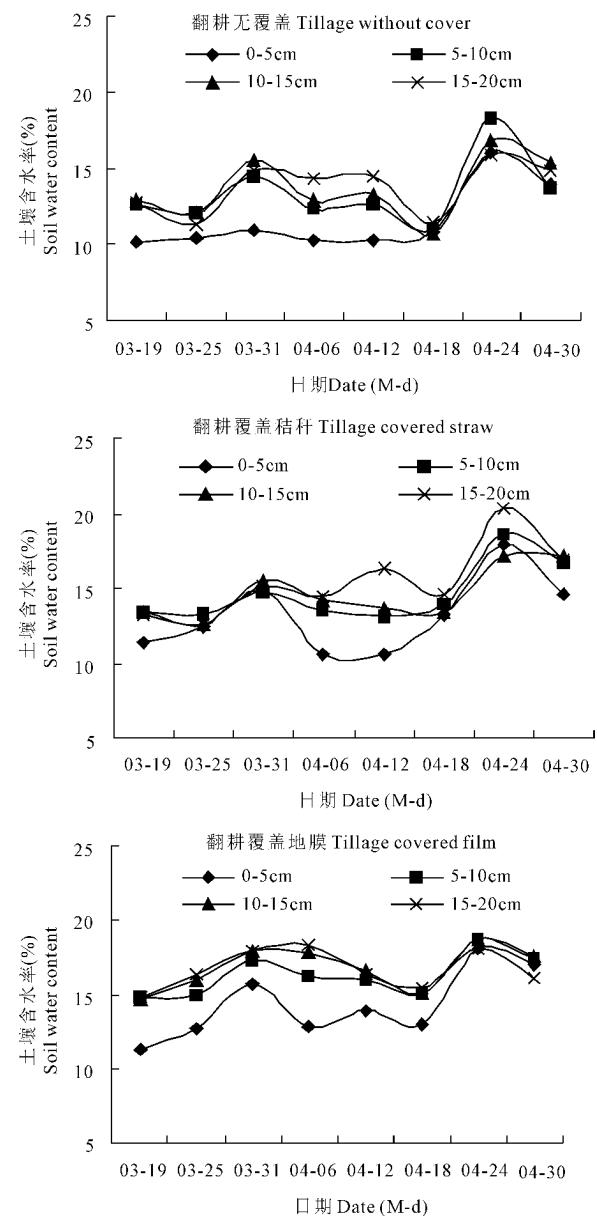


图 2 不同翻耕处理各层次土壤含水率动态变化
Fig.2 The change of soil water content of different treatments under the tillage condition

率很低,另一方面表面有覆盖物,阻碍了土壤水分的蒸发,具有一定的保墒效果,所以尽管春季风大,气候干燥,表层土壤水分变化很小。翻耕后覆盖地膜,由于地膜切断了土壤水分同近地表层空气的水分交换通道,可有效地抑制土壤水分的蒸发,促使水分在表层土壤中聚集,因而具有明显保墒提墒作用^[11],因此翻耕覆盖地膜处理各层次土壤水分随着时间的增加逐渐增加。

3.2 同一层次不同处理的土壤含水率

从图 3~图 6 可以看出,翻耕无覆盖处理土壤含水率在 0~5 cm 和 5~10 cm 基本上都是高于留茬

无覆盖处理,10~15 cm 和 15~20 cm 各个观测期的平均含水率略高于留茬无覆盖处理。其原因是秋翻耕后,一方面切断毛管能减少地表蒸发,也接纳部分秋季降水,另一方面翻耕后表面有干土层覆盖,干土层导水率很低,接近于 0,而且到达地面的辐射热也难以向下传导,下层的水也不能迅速向土面运行,因而蒸发率很低。秸秆覆盖处理各层次土壤含水率都明显高于相应的无秸秆覆盖处理,秋翻耕覆盖地膜处理各层次土壤含水率都明显高于留茬无覆盖处理和翻耕无覆盖处理。其原因是收获后表层土壤含水率相对较高,此时的土壤蒸发主要取决于大气蒸发力,留茬无覆盖和翻耕无覆盖处理由于表面无覆盖物,太阳辐射直接照射地面,加快了土壤失水,而秸秆覆盖处理隔断了土壤表面与大气的直接接触,阻碍了表层土壤水分的蒸发,因此秸秆覆盖处理土壤含水率明显高于相应的无覆盖处理。翻耕后覆盖地膜,由于地膜切断了土壤水分同近地表层空气的水分交换通道,可有效地抑制土壤水分的蒸发。随着土壤水分的降低,尤其是表层出现干土层后,导水率以指数关系降低得更快,这时由下层向地表传导多少水,就蒸发掉多少水,即土面蒸发进入土壤导水率控制阶段。这时的土壤蒸发强度不取决于大气蒸发力了,而取决于心土层水分通过毛管作用向表层供给的速度^[4],而秋后翻耕切断了上下土层的毛管而阻碍了下层水分向土壤表层的供给,抑制了土壤蒸发,因此翻耕无覆盖处理土壤水分高于留茬无覆盖处理。

3.3 不同处理土壤水分随时间的总体变化特征

从图 7 分析,在 4 月 18 日以前(即雨前),翻耕覆盖地膜和翻耕覆盖秸秆 2 种处理方式土壤水分在观测期间呈明显增加的趋势,而处理 1、处理 2 和处理 3 在雨前土壤水分呈下降趋势,但处理 3 土壤水分下降幅度平缓,下降速度小于处理 1 和处理 2。雨后各处理土壤水分都有明显增加,4 月 24 日至 4 月 30 日期间,随着时间的推移,各处理土壤水分又逐渐降低,降低幅度大小顺序为处理 1>处理 2>处理 3>处理 4>处理 5,处理 5 土壤水分降低幅度最小,可见覆盖地膜保墒效果最好。

在 5 种处理方式中,0~20 cm 土壤水分各观测期总体均值大小顺序为:处理 5>处理 4>处理 2>处理 3>处理 1,以翻耕覆盖地膜土壤水分均值最高,以留茬无覆盖处理土壤水分均值最低。即翻耕后覆盖地膜保墒能力较强,翻耕后覆盖秸秆和留茬覆盖秸秆 2 种处理方式保墒能力居中,而留茬无覆盖处理保墒能力最差。

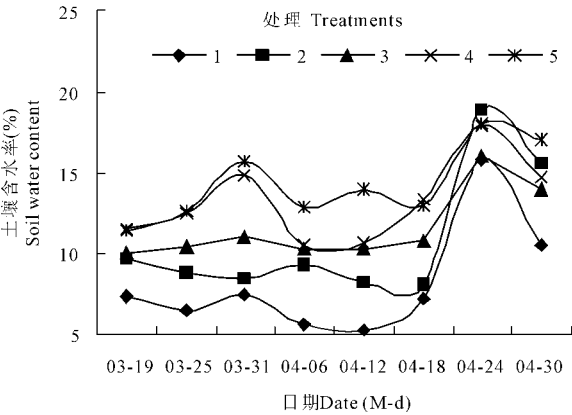


图 3 0~5 cm 土壤含水率动态变化

Fig.3 The change of soil water content in 0~5 cm

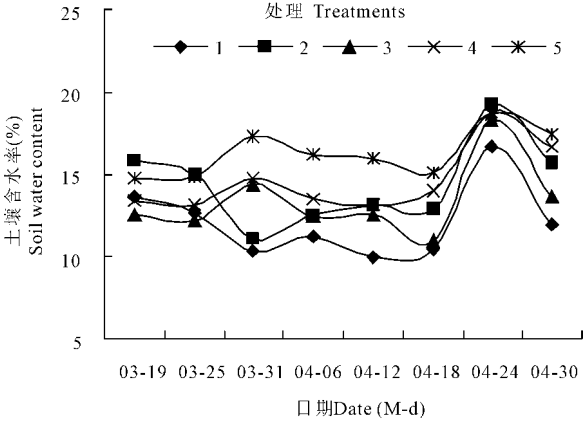


图 4 5~10 cm 土壤含水率动态变化

Fig.4 The change of soil water content in 5~10 cm

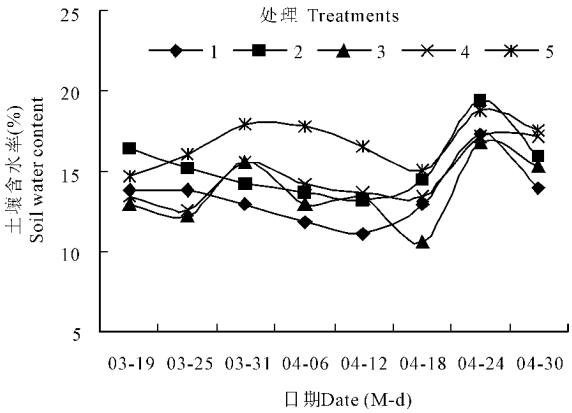


图 5 10~15 cm 土壤含水率动态变化

Fig.5 The change of soil water content in 10~15 cm

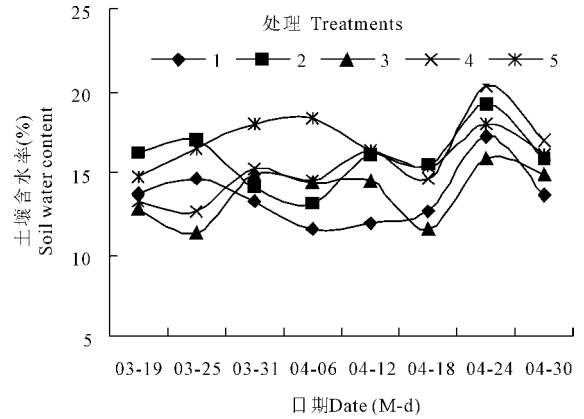


图 6 15~20 cm 土壤含水率动态变化

Fig.6 The change of soil water content in 15~20 cm

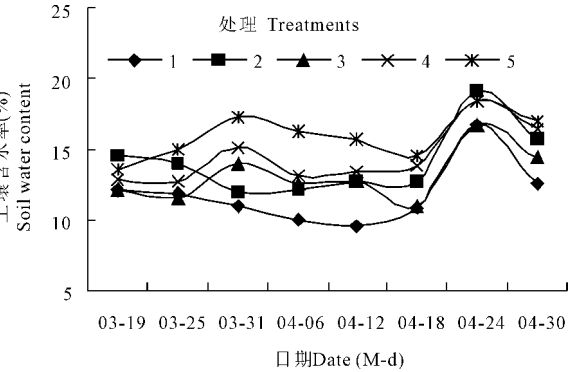


图 7 不同处理 0~20 cm 土壤水分均值动态变化

Fig.7 The change of mean soil moisture of different treatments in 0~20 cm

翻耕各处理土壤水分在整个观测期间呈明显的双峰变化,分别出现在 3 月 31 日和 4 月 24 日,而留茬各处理只有在 4 月 24 日出现一个峰值,原因是 4

月 23 日有一次明显降雨过程,所以 5 种处理在 4 月 24 日土壤水分都呈现出一个明显的峰值,翻耕各处理在雨前的 3 月 31 日,土壤水分都出现一个明显的峰值,而留茬各处理却没有,究其原因可能是一方面 3 月 19 日至 3 月 31 日,此时土壤正处于解冻返浆期,表层以下土壤随着时间的推移,气温升高,土壤逐渐化冻,形成许多冻融水,它被尚未化通的冰层隔在上层,在毛管力的作用下,不停地向表层运动^[12],补给表层土壤水分。翻耕各处理由于切断了毛管,同时地表有覆盖物,减少土壤水分蒸发,因此土壤水分在 3 月 31 日呈现出一个明显的峰值。

3.4 春播前玉米地不同处理方式土壤水分的比较

收获后,玉米地处理方式不同,土壤水分也发生了变化,朝阳地区春玉米一般在 5 月 1 日前后播种,所以春播前(4 月 30 日)对不同处理不同深度土壤含水率进行测定,数据如表 2 所示。

表 2 春播前不同处理方式土壤含水率(%)
Table 2 Soil water content in different treatments before spring sowing

层次(cm) Layer	处理 Treatment	取样点 1 Sampling location 1	取样点 2 Sampling location 2	取样点 3 Sampling location 3
0~5	1	9.02	10.42	12.24
	2	18.27	14.35	14.00
	3	13.57	15.10	13.14
	4	15.21	16.65	12.04
	5	15.61	18.37	16.96
5~10	1	11.71	11.82	12.22
	2	17.48	15.77	13.86
	3	13.09	14.83	13.09
	4	16.25	19.09	14.86
	5	17.30	19.38	15.63
10~15	1	13.39	12.91	15.53
	2	17.62	15.99	14.12
	3	15.04	15.97	15.02
	4	16.39	18.10	17.08
	5	16.57	18.26	17.83
15~20	1	14.19	12.01	14.79
	2	19.12	15.03	13.48
	3	15.47	15.45	13.80
	4	16.00	17.90	16.86
	5	16.25	14.94	17.31

表 3 春播前(4 月 30 日)不同处理方式土壤含水率(%)的方差分析结果
Table 3 The variance analysis of soil water content in different treatments before spring sowing(April 30)

处理 Treatment	土壤层次 Soil layer(cm)			
	0~5	5~10	10~15	15~20
1	10.56 ^b A	11.92 ^c B	13.94 ^b A	13.66 ^a A
2	15.54 ^{ab} A	15.70 ^{ab} AB	15.91 ^{ab} A	15.88 ^a A
3	13.94 ^{ab} A	13.67 ^{bc} AB	15.34 ^{ab} A	14.91 ^a A
4	14.63 ^{ab} A	16.73 ^{ab} A	17.19 ^a A	16.92 ^a A
5	16.98 ^a A	17.44 ^a A	17.55 ^a A	16.17 ^a A

注:表中第二列到第五列小写字母表示 0.05 显著水平,大写字母表示 0.01 显著水平。
Note: In the second column to the fifth columns, different small letters and capital letters indicate significant difference at 0.05 and 0.01 probability level.

从表 3 中可以看出,各个处理土壤含水率在 15~20 cm 层次上差异不显著,在 5~10 cm 这个层次,翻耕后覆盖地膜和翻耕后覆盖秸秆处理土壤含水率与留茬无覆盖处理在 1%水平上差异显著,在 10~15 cm 层次上,翻耕后覆盖地膜和翻耕后覆盖秸秆处理土壤含水率与留茬无覆盖处理在 5%水平上差异显著,在 0~5 cm 层次上只有翻耕后覆盖地膜土壤含水率与留茬无覆盖处理在 5%水平上差异显著。可见,朝阳地区秋收后翻耕利于保墒,翻耕后再覆盖对朝阳半干旱地区保蓄土壤水分是一种切实可行的好办法。

4 结论与讨论

- 1) 春播前,5 种不同处理方式 0~20 cm 土层土壤水分均值大小顺序为翻耕后覆盖地膜>翻耕后覆盖秸秆>留茬覆盖秸秆>翻耕后无覆盖>留茬无覆盖,其中翻耕后覆盖地膜处理土壤含水率达到 17.03%,保墒效果最明显。
- 2) 对于朝阳半干旱区来说,旱作农田不宜留茬越冬,应及早适当进行秋翻耕。秋后翻耕利于保墒,翻耕后表面覆盖地膜,保墒效果会更好。
- 3) 由于通常翻地后底土层保持松土有 1~2 a

的后效,因此在朝阳地区不同土地类型是连年翻还是隔年翻这个问题有待进一步研究。

4) 留茬覆盖秸秆、翻耕覆盖秸秆和翻耕覆盖地膜所用的秸秆和地膜在朝阳地区漫长的冬季可能会被放牧的牛羊所啃食、践踏和破坏,如何防止覆盖材料不被破坏,有待进一步探讨,另外留茬无覆盖处理和留茬秸秆覆盖和翻耕覆盖秸秆处理春季如何有效播种这个问题也有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 景蕊莲,黎 裕.中国节水水发展战略[A].贾敬敦,余 健,郭志伟.中国节水农业发展战略研究与实践[C].北京:中国农业科学技术出版社,2006;56—60.
- [2] 尚新明,常继表.甘肃中部地区雨水蓄积利用与农村经济发展[J].干旱地区农业研究,1999,17(2):116—121.
- [3] 曹广才,魏 昶,于立河.北方旱田禾本科主要作物节水种植[M].北京:气象出版社,2006;2—3.
- [4] 黄 毅,邹洪涛,虞 娜,等.东北半干旱地区秋后玉米地不同处理方式对土壤水分状况的影响[J].水土保持研究,2006,13(2):38—40.
- [5] 陈渭南,董光荣,董治宝.中国北方土壤风蚀问题研究的进展与趋势[J].地球科学进展,1994,9(5):6—12.
- [6] 王 勇.旱地玉米秋覆膜春播增产机理研究[J].甘肃农业科技,2001,(12):19—21.
- [7] 张 雯,侯立白,张 斌,等.辽西易旱区不同耕作方式对土壤物理性能的影响[J].干旱区资源与环境,2006,20(3):149—153.
- [8] 张玉龙,邹洪涛,杨 宇,等.辽西半干旱地区春播前土壤墒情变化的研究[J].水土保持学报,2004,18(6):179—182.
- [9] 张祖新,龚时宏,王晓玲.雨水集蓄工程技术[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [10] 桑以琳,龚振平,王庆祥,等.土壤学与农作学[M].北京:中国农业出版社,2005;119—120.
- [11] 马耀光,张保军,罗志成,等.旱地农业节水技术[M].北京:化学工业出版社,2004;109—115.
- [12] 冯良山,孙占祥,郑家明,等.辽西风沙半干旱区旱作农田水资源研究[J].土壤通报,2008,39(1):25—28.

Effect of different corn stubble treatments on soil moisture of tillage layer

XIAO Ji-bing¹, YANG Jiu-ting¹, XIN Zong-xu¹, ZHANG Jing-hui¹, SUN Zhan-xiang², ZHANG Yu-long³

(1. Institute of Water and Soil Conservation in Liaoning, Chaoyang, Liaoning 122000, China;

2. Liaoning Provincial Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161, China;

3. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: In view of the characteristic of spring drought occurring in nine years in a decade in Chaoyang semi-arid region, five different treatments on corn stubble after autumn, including stubble remaining without covering, stubble covered with straw, tillage without covering, tillage plus straw covering and tillage plus film covering, are designed to study the effect of each treatment on surface soil moisture before spring sowing. The results indicate that before spring sowing, the amount of soil moisture of surface layer in different treatments is in the order of tillage plus film covering > tillage plus straw covering > stubble covered with straw > tillage without covering > stubble remaining without covering, and the soil water content of tillage plus film covering is 17.03%, being 4.51, 2.57, 1.27 and 0.66 percentage points higher than stubble remaining, tillage without covering, stubble plus straw covering and tillage plus straw covering respectively.

Keywords: soil moisture; stubble remaining; tillage; stubble covered with straw; tillage plus straw covering; tillage plus film covering