

半干旱区旱地不同覆盖方式对糜子耗水和产量的影响

张小红¹, 张绪成^{2,3}

(1. 甘肃省会宁县农业技术推广中心, 甘肃 会宁 730700; 2. 甘肃省农业科学院

农业部西北作物抗旱栽培与耕作重点开放实验室, 兰州 730070; 3. 中国农业大学 资源环境学院, 北京 100094)

摘要:为探讨半干旱区旱地不同覆盖方式对糜子耗水特征和产量的影响,测定了全膜覆土穴播(PMS)、全膜覆盖穴播(PM)和露地穴播(CK)3种不同处理的糜子发育动态、0—200 cm 土壤水分季节变化、糜子地上生物量动态、产量和耗水量。2 a 的试验结果表明,地膜覆盖后糜子营养生长期缩短,生殖生长期延长,但全生育期缩短;PMS 处理的糜子的生育期较 CK 缩短 12~13 d,较 PM 延长 10~11 d。地膜覆盖使糜子拔节前 0—200 cm 土层的土壤含水量增加,随糜子生育进程的推进,3 种处理的耗水量依次为:PM>PMS>CK。在抽穗前,PM 的地上生物量最大,其次为 PMS,CK 最小;在收获期,PMS 的生物量和籽粒产量均显著高于 PM。PM 和 PMS 的产量较 CK 分别在 2009 和 2010 年提高了 83.53%和 64.56%,115.51%和 84.47%;与 PM 处理相比,PMS 的糜子产量在 2009 年和 2010 年提高了 17.42%,18.18%,但两个处理的土壤耗水量在 2 a 均无显著差异。因此,通过覆盖降低裸间蒸发是提高旱地糜子产量和水分利用效率(WUE)的主要途径。通过覆盖方式的选择来调控糜子的发育进程和耗水过程,对提高糜子产量和 WUE 也有重要意义。

关键词:旱地;全膜覆土穴播;土壤含水量;产量;糜子

中图分类号:S516

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)05-0029-05

Effects of Different Mulching Methods on Water Consumption and Yield of Millet in Rain-fed Semiarid Area

ZHANG Xiao-hong¹, ZHANG Xu-cheng^{2,3}

(1. Huining Center of Agricultural Technology Extension, Huining, Gansu 730700, China; 2. Key Laboratory of Northwest Crop Drought-resistant Farming, Ministry of Agriculture, PRC, Gansu Academy of Agriculture Sciences, Lanzhou 730070, China; 3. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: In order to understand the effects of different mulching methods on water consumptive characteristics and yield of millet, the two-year field experiment involved in three treatments: whole field surface plastic mulching and soil covered on plastic film (PMS), whole field surface plastic mulching (PM) and uncovered treatment (CK), were carried out. The growth stages, seasonal change of soil water content in 0—200 cm soil profile, dynamics of aboveground biomass, grain yield and water consumption of millet were measured in this field experiment. The results showed that the plastic mulching shortened the vegetative growth stage, elongated reproductive growth stage, caused the whole growth stage to shorten. The growth stage of millet in PMS treatment shortened by 12~13 days and elongated by 10~11 days compared with CK and PM treatment, respectively. The soil water content in 0—200 cm profile increased in PM and PMS treatment before millet heading, the vegetative growth of millet also was promoted compared with CK. With the millet growth, there was a significant difference in water consumption between three treatments, which followed the sequence as PM>PMS>CK. Conversely, the change of soil water storage followed the sequences as CK>PMS>M. Before millet heading, the aboveground biomass in PM treatment was higher than that in PMS treatment, and was lowest in CK. However, the aboveground biomass in PMS treatment was significant higher than those in PM and CK, and it was also lowest in CK in harvest stage. The yield of millet in PM

收稿日期:2012-04-01

修回日期:2012-05-10

资助项目:国家自然科学基金(30960070);甘肃省自然科学基金(1010RJZA177)

作者简介:张晓红(1971—),女,甘肃会宁人,学士,农艺师,研究方向:耕作栽培。E-mail:zhen114110@126.com

通信作者:张绪成(1973—),男,甘肃民勤人,博士,研究员,研究方向:作物生理生态。E-mail:gszhangxuch@163.com

and PMS treatment increased by 83.53% and 64.56%, 115.51% and 84.47% in 2009 and 2010, respectively, compared with CK. Additionally, the yield of millet in PMS treatment increased by 17.42% and 18.18% in 2009 and 2010, respectively, compared with PM treatment. However, the soil water consumption was not significantly different between PMS and PM treatments in both experimental years. It was indicated that plastic mulching decreased soil surface evaporation, which was an efficient way to increase millet yield and water use efficiency (WUE). Selecting the appropriate mulching method could regulate millet developmental and water consumptive process, which is also important to increase yield and water use efficiency of millet.

Key words: rain-fed semiarid area; whole field surface plastic mulching; soil water content; yield; millet

黄土高原旱作农田的水分资源分为自然降水和由自然降水入渗至土壤的土壤水两部分^[1-3]。然而,该区域降水常年稀少,而且季节分布不均,使作物的需水期和雨季错位,所以土壤水分是影响旱作农田作物产量的主要因素^[4-8]。近几年,在甘肃省中东部旱作区小麦生产中应用的全膜覆土穴播技术,采用全地面地膜覆盖和膜上覆盖 1~2 cm 厚的细土,用穴播机播种,能够显著提高小麦产量,是继全膜双垄沟播技术之后的又一项旱作农业增产新技术。候慧芝等研究全膜覆土穴播小麦的产量和水分效应发现^[9],采用全膜覆土穴播技术,使小麦孕穗前 0—40 cm 土层土壤含水量显著高于裸地,产量和水分利用效率分别提高 24.63% 和 18.76%。因此,如何减少田间蒸发以保住有限的土壤水分供作物生长发育,是旱作农业区提高作物产量的前提^[6-8]。

糜子具有抗旱高产和播期区段较长的优势^[10-11],是西北黄土高原旱作区的主要救灾和特色作物之一,尤其在甘肃中部地区种植面积较大。然而,随干旱程度和强度的加大,糜子产量长期处于低而不稳的境地,如何通过农艺措施的改进来提高水分利用效率和产量是当前糜子生产中亟需解决的问题;另外,糜子种植的效益较低,使近几年该区域糜子产业的发展处于停滞不前的状况。因此,通过农艺技术的改进,来降低土面蒸发和提高糜子水分利用效率和产量,不仅是该区域糜子特色产业发展的需要,也是增强农业抗旱救灾能力的迫切要求。鉴于此,本试验在田间定位的条件下,研究糜子全膜覆土穴播的土壤水分耗散特征、产量和水分利用效率,以探求糜子抗旱高产稳产的种植模式。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2009 年和 2010 年在甘肃省白银市会宁县王家庙乡进行。该区海拔 1 730 m, 年均气温 6.6℃, 年辐射总量 6 025 MJ/m², 年日照时数 2 500 h, ≥10℃ 积温 1 860.8℃, 无霜期 146 d。多年平均

年均降水量为 330 mm, 6—9 月降水量占年降水量的 60% 以上, 330 mm 降水保证率为 48%, 属中温带半干旱气候。作物一年一熟, 为典型半干旱旱作区。试验地为多年梯田, 土壤为黄绵土, 0—30 cm 土层土壤平均容重为 1.18 g/cm³, 田间持水量为 22.35%, 永久凋萎系数为 7.1%, 0—20 cm 有机质含量 1.25%, 全 N 为 0.12%, 水解氮 54 mg/kg, 速效磷 4.5 mg/kg, 速效钾 130 mg/kg, pH 值 8.5, 属弱碱性土壤。根据甘肃省白银市会宁县农业技术推广中心气象资料统计(图 1), 2009 年试验区年降水 276.5 mm, 2010 年降水 257.1 mm, 分别比多年平均值(370 mm)低 16.2% 和 22.1%, 而且季节分配不均, 4—6 月和 8—9 月为雨季, 雨季降水量占年降水量的 60% 以上。

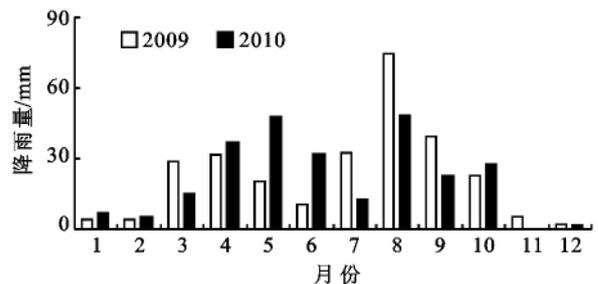


图 1 2009—2010 年试验区降水分布

1.2 试验设计与方法

试验以春糜子(*Milium. L*)为研究材料, 品种为陇糜 3 号, 采用完全随机设计, 设 3 个处理: 全膜覆土穴播(whole field surface plastic mulching and plastic film covered by soil, PMS), 在地面进行地膜全覆盖后, 在膜上覆盖 1~2 cm 厚的细土, 穴播机播种; 全膜覆盖穴播(whole field surface plastic mulching, PM), 全地面地膜覆盖, 穴播机播种; 露地穴播(uncovered and flat planting, CK), 无覆盖, 穴播机播种。每个处理 3 次重复, 小区面积 8 m×6 m=48 m², 行距 30 cm, 穴距 10 cm, 每穴平均株数 2~3 株, 种植密度为 800 000 株/hm²。施肥量为 N:180 kg/hm²、P₂O₅:120 kg/hm²、K₂O:75 kg/hm², 肥料在播前作为底肥一次性施入。2009 年 4 月 25 日播种, 9 月 18

号收获;2010 年 4 月 23 日播种,9 月 17 日收获。

1.3 试验测定与方法

在糜子播种前、拔节期、抽穗期和收获期各测定 1 次土壤水分,测定深度为 0—200 cm,分 10 个层次测定,测定步长为 20 cm。产量的测定是糜子成熟期收获后每小区按实收计算产量。WUE 的计算:

$$WUE = Y_d / E_T$$

$$E_T = BF_w - HA_w + P$$

式中:BF_w——播前贮水量;HA_w——收获后贮水量;P——生育期降雨量;Y_d——作物单位面积产量。

1.4 数据处理分析方法

应用 Microsoft Excel 和 DPS 统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖处理对糜子生长发育进程的影响

地膜覆盖后糜子成熟期较裸地处理提前,使糜子的营养生长期缩短,生殖生长期延长(图 2)。以 PMS 为例,2009 年和 2010 年的抽穗至收获的生育期天数分别较 CK 缩短了 12 d 和 13 d,较 PM 分别延长了 11 d 和 10 d。因此,农艺措施的改良能调节

糜子的生长发育过程,采用全膜覆土穴播技术,可以促进糜子的前期发育,延长灌浆时期,为籽粒产量的形成奠定生物学基础。

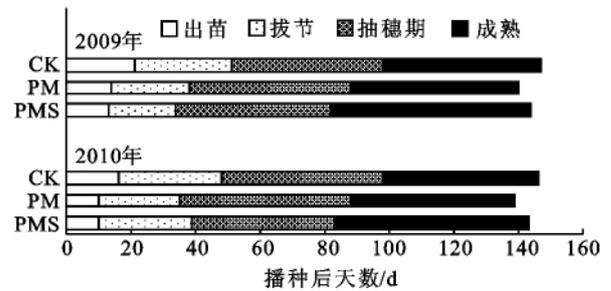


图 2 不同覆盖方式对糜子发育进程的影响

2.2 糜子不同覆盖方式对 0—200 cm 土层土壤含水量的影响

地膜覆盖能显著提高糜子拔节前的土壤含水量,抽穗后地膜覆盖的土壤含水量低于裸地处理(图 3)。2 a 的试验结果表明,PMS 处理的土壤含水量在抽穗前高于 PM 处理,但抽穗后两个处理的土壤含水量无明显差异。因此,地膜覆盖能够显著改善糜子营养生长时期的土壤水分状况,但与 PM 相比,PMS 处理在营养生长期期间的土壤水分状况较好。

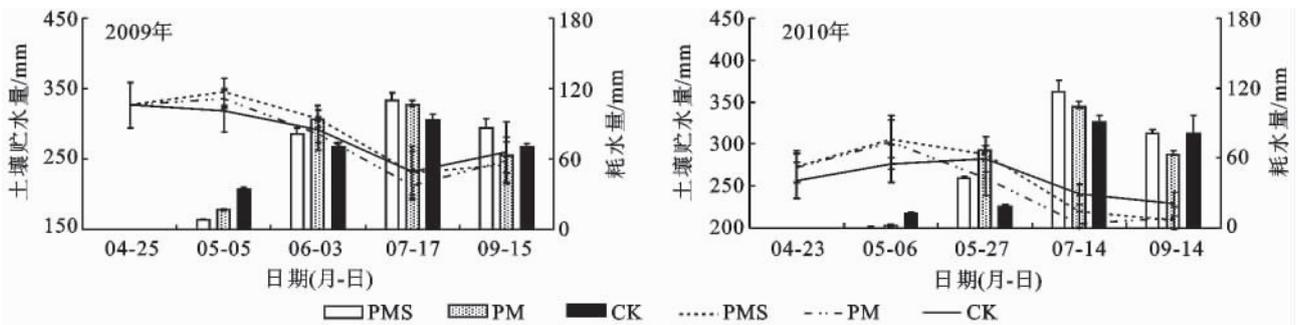


图 3 不同覆盖方式糜子 0—200 cm 土壤贮水量和耗水量的动态变化

注:线形图为土壤含水量(主纵坐标),柱形图为耗水量(副纵坐标)。

在苗期,裸地处理的耗水量明显高于地膜覆盖处理;拔节至抽穗期地膜覆盖处理的耗水量高于裸地处理(图 3);抽穗至成熟期的耗水量以裸地处理最高,但 2009 年 3 个处理间无明显差异。与 PM 相比,拔节前 PMS 的耗水量较低,但拔节至收获期,PMS 的耗水量显著增加。由此说明,PM 处理在苗期较 PMS 耗散了较多的土壤水分,而且生育期提前(图 2),而 PMS 则在抽穗后耗水量显著高于 PM 处理,使较多的水分用于产量的形成,并且延长了籽粒形成的时期,这对糜子的籽粒产量有益。

2.3 不同覆盖方式对糜子干物质积累动态的影响

地膜覆盖后促进了糜子发育,地上干物质在各生育期均显著高于裸地处理(图 4)。PMS 的地上干物质在拔节前低于 PM 处理,但抽穗后 PMS 的地上生

物量显著高于 PM,2 a 的试验结果相同。以上结果表明,通过农艺措施的改进,不仅可以保持土壤水分,使有限的土壤水分供作物生长所需,而且能够调节作物的发育进程,以提高作物的水分利用效率。

2.4 不同覆盖方式对糜子耗水和产量的影响

不同降水年份、处理以及二者的相互作用对糜子的耗水量有显著影响(图 5)。覆盖对糜子不同生育期的耗水量有显著的调节作用,并促进了糜子全生育期的耗水量;PMS 的土壤耗水量在 2 a 均高于 PM,但二者无明显差异。糜子产量因年份、处理有显著变化,地膜覆盖能够显著提高糜子的产量,而且 PMS 处理的产量显著高于 PM 处理。另外,处理和年份的相互作用对糜子的产量同样有显著影响。因此,全膜覆土穴播通过延长糜子的生殖生长期、调节糜子发育进程

和全生育期耗水过程,促进糜子灌浆,最终提高产量。

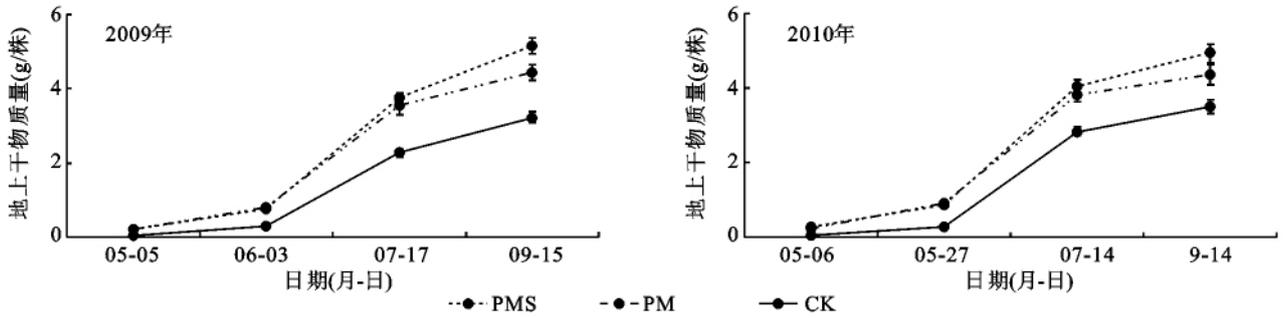


图 4 不同覆盖方式对糜子地上干物质积累的影响

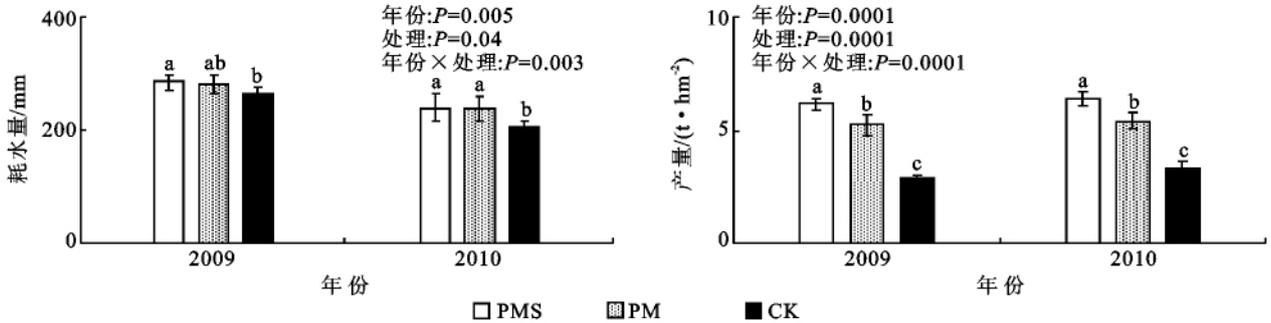


图 5 不同覆盖方式对糜子地上干物质积累的影响

注:图内在同一年份内标注不同字母的图柱表示有显著差异($P < 0.05$),下同。

2.5 不同覆盖方式对糜子水分利用效率的影响

地膜覆盖能够显著提高糜子水分利用效率(WUE),PMS的WUE显著高于PM,2 a的试验结果相同(图6)。糜子的WUE在不同年份不同,虽然2009年的降水量高于2010年,但糜子2010年的WUE高于2009年,这主要是因为与2009年相比,2010年糜子的产量无显著降低,但耗水量明显较低。以上结果表明,糜子产量和WUE的提高,不仅取决于水分条件,而且受降水分布和水分耗散过程的影响。因此,通过农艺措施的改进来调节糜子的发育进程和耗水过程,是提高产量和水分利用效率的有效途径。

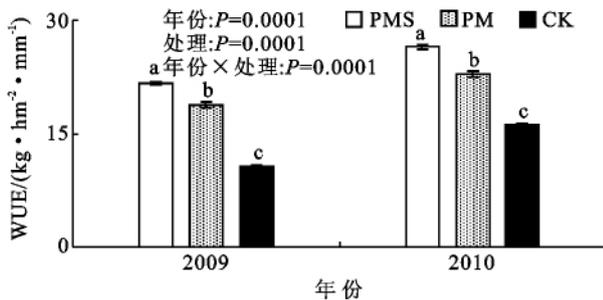


图 6 不同覆盖方式对糜子水分利用效率的影响

3 讨论

地膜覆盖阻断了土壤水分的垂直蒸发,减少了水分的无效逃逸从而达到了蓄水保墒的作用^[12-16]。因此,地膜覆盖可在作物需水较少的苗期贮存更多的土

壤水分,供需水旺盛期利用^[17-19]。本试验条件下,全膜覆土穴播(PMS)和全膜覆盖穴播(PM)能明显改善糜子拔节前0—200 cm土壤水分条件,利于糜子前期生长,这与王红丽等^[20]玉米研究的结果一致;拔节期—抽穗期随糜子生长加速,蒸腾增强,糜子对土壤水分的利用逐渐加强,PMS和PM的土壤贮水量迅速下降,明显低于露地穴播(CK)处理。与PM相比,PMS处理的糜子在生育前期的耗水量较少,但生育后期的耗水量明显高于PM。说明PMS在糜子需水较少的时期能有效蓄水保墒,以备需水盛期利用,而且在耗水高峰期的耗水量最高,这有利于糜子的生殖生长和产量建成。

采用全膜覆土穴播使糜子的生育进程和耗水过程相对于全膜覆盖穴播发生了一定的变化。在生育进程方面,首先是延长了糜子的生育期,这对糜子干物质积累有利;其次是调节了糜子营养生长和生殖生长的生育期比例关系,全膜覆土穴播处理能够延长糜子的生殖生长期10 d以上,这为糜子籽粒产量的形成奠定了生物学基础。在糜子的耗水过程方面,采用全膜覆土穴播后,糜子生育前期的耗水量较全膜覆盖穴播处理降低,使得生育后期的土壤含水量较高,这对生殖生长有利。试验结果表明,采用全膜覆土穴播后,使糜子拔节前的地上生物量低于全膜覆土穴播,但抽穗后全膜覆土穴播的地上生物量高于全膜覆土穴播,最终表现较高的地上干物质质量、产量和水分利

用效率。因此,通过技术措施来调节作物的发育进程,可以调控水分限制条件下的耗水进程,提高作物对有限水分的利用效率。

全膜覆土穴播对作物发育进程的影响主要与其改变了土壤温度有关。刘晓伟等^[21]在小麦上的研究表明,与全膜覆盖穴播相比,全膜覆土穴播具有一定的降温作用,但与露地穴播相比,则能够提高地温。所以,全膜覆土穴播的作物在生育进程上快于裸地处理而慢于全膜覆盖穴播,其土壤水分耗散在作物发育前期低于全膜覆盖穴播,而这可能对有限水分在作物全生育的分配有重要意义。因此,提高旱地作物产量和水分利用效率的途径不仅在于保持土壤水分^[22-25],而且要调控有限水分在作物全生育期的分配比例,以实现有限土壤水分的高效利用。

4 结论

地膜覆盖促进了糜子前期发育和提高了糜子拔节前0—200 cm土层的土壤含水量,这对糜子的营养生长有益,在抽穗前,普通地膜覆盖处理的地上生物量最大,其次为全膜覆土穴播,裸地种植最小;地膜覆盖的耗水量最高,其次为膜上覆土处理,对照最小。而在收获期,膜上覆土处理的生物量和籽粒产量均显著高于普通地膜覆盖处理,但2个处理的土壤耗水量在2 a均无显著差异。因此,覆盖能够降低裸间蒸发,进而提高旱地糜子产量和水分利用效率,但膜上覆土处理由于调节了抽穗前后的耗水分配,表现为较高的产量和水分利用效率,所以,通过技术选择调控糜子的耗水过程,同样能够显著提高产量和水分利用效率。

参考文献:

- [1] 王学春,李军,蒋斌,等.黄土高原不同降水类型区旱作玉米田土壤干燥化效应与土壤水分承载力模拟研究[J].生态学报,2009,29(4):2053-2066.
- [2] 李凤民,王静,赵松岭.半干旱黄土高原集水高效旱地农业的发展[J].生态学报,1999,19(2):259-264.
- [3] 余峰,董立国,赵庆丰,等.宁夏半干旱地区梯田土壤水分动态变化规律研究[J].水土保持研究,2007,14(1):298-301,304.
- [4] 刘钰.微型蒸发器田间实测麦田与裸地土面蒸发强度的试验研究[J].水利学报,1999(6):45-50.
- [5] 肖国举,王静.黄土高原集水农业研究进展[J].生态学报,2003,23(5):1003-1011.
- [6] 杨世琦,杨正礼.黄土高原生态系统演替进程中土壤有机质和pH值变化规律[J].水土保持研究,2008,15(2):159-163.
- [7] 山仑,陈培元.旱地农业的生理生态基础[M].北京:科学出版社,1998.
- [8] 信乃途,王立祥.中国北方旱区农业[M].南京:江苏科学技术出版社,1998.
- [9] 侯慧芝,吕军峰,张绪成,等.陇中半干旱区全膜覆土穴播小麦的土壤水分及产量效应[J].作物杂志,2010(1):21-25.
- [10] 张绪成,汤瑛芳.地膜糜子节水补灌技术研究[J].耕作与栽培,2001(2):41-42.
- [11] 慕芳,冯佰利,王鹏科,等.糜子叶表面抗旱结构的扫描电镜观察[J].河北农业科学,2010,14(11):67-69.
- [12] Li X Y, Gong J D, Gao Q Z, et al. Incorporation of ridge and furrow method of rainfall harvesting with mulching for crop production under semiarid conditions[J]. Agricultural Water Management,2001,50(3):173-183.
- [13] Liu C A, Jin S L, Zhou L M. Effects of plastic film mulch and tillage on maize productivity and soil parameters[J]. European Journal of Agronomy,2009,31(4):241-249.
- [14] Zhang L, Niu J B, Zhao F. Film mulch modes for increasing rainfall use efficiency of dry-land corn[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2006,24(2):8-17.
- [15] 唐涛,郝明德,单凤霞.人工降雨条件下秸秆覆盖减少水土流失的效应研究[J].水土保持研究,2007,14(4):1-3.
- [16] Zhang S L, Li P R, Yang X Y, et al. Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of spring-sown maize[J]. Soil Tillage Research,2011,112(1):92-97.
- [17] Zhou L M, Li F M, Jin S L. How double ridges and furrows mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China[J]. Field Crops Research,2009,113(1):41-47.
- [18] 王喜庆,李生秀,高亚军.地膜覆盖对旱地玉米生理生态和产量的影响[J].作物学报,1998,24(3):348-353.
- [19] 张锡梅,徐勇,山仑.不同作物在不同干旱条件下的水分需求[J].生态学报,1989,9(1):97-98.
- [20] 王红丽,张绪成,宋尚有.半干旱区旱地不同覆盖种植方式玉米田的土壤水分和产量效应[J].植物生态学报,2011,35(8):825-833.
- [21] 刘晓伟,何宝林,康恩祥,等.播种方式对旱区冬小麦产量及土壤水分、土壤温度的影响[J].作物杂志,2011(5):77-81.
- [22] 苑涛,何秉宇.干旱区水资源承载力分析及应用[J].水土保持研究,2007,14(3):341-345.
- [23] 郭忠升.黄土高原半干旱丘陵区水资源利用的限制[J].应用生态学报,2010,21(12):3029-3035.
- [24] 黄明斌,党廷辉,李玉山.黄土区旱塬农田生产力提高对土壤水分循环的影响[J].农业工程学报,2002,18(6):50-54.
- [25] 张显双,李秋梅,李红蕊,等.水土保持是水土资源可持续利用的基础[J].水土保持研究,2007,14(6):79-80.