

旱作农田绿豆微集水技术及其效应研究

蒋树怀¹,王鹏科¹,高小丽¹,刘建平²,屈 洋¹,宋 慧¹,冯佰利¹

(1.西北农林科技大学,陕西 杨凌 712100; 2.神木县农业技术推广中心,陕西 神木 719300)

摘 要:在陕北神木,设置带型150 cm(DX1)、带型120 cm(DX2)、带型80 cm(DX3)、双沟覆膜(DX4)、平膜穴播(DX5)、露地平作(CK)6种微集水种植模式,观测各模式对绿豆产量及水分利用效率的影响。结果表明,与露地平作相比,微集水种植模式条件下土壤表层(0~40 cm)含水量高,绿豆生育期提前,叶面积、生物量和叶绿素含量显著增加;不同微集水模式中,双沟覆膜(DX4)集水效果最为明显,绿豆籽粒产量及水分利用效率分别较对照提高24.5%和32.88%,DX5、DX3、DX2、DX1差异均达到显著水平。因此,微集水技术具有较好的聚雨保墒效果,能明显提高绿豆籽粒产量及水分利用效率。

关键词:绿豆;微集水种植技术;土壤水分;生理指标

中图分类号: S342.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0033-05

绿豆[*Vigna radiate* (L.) Wilczek]耐旱、耐瘠、耐荫,生育期短,具有丰富的营养价值和保健疗效,是我国北方旱区重要的粮食作物和经济作物。旱区降水稀少且分布不均,尤其苗期和开花结荚期干旱是制约绿豆产量提高的重要因素,最大限度地利用有限降水资源,减少田间水分的无效蒸发,提高水分利用效率是绿豆生产中有待解决的问题。

地膜覆盖栽培、集雨技术、微集水技术等抗旱节水技术具有显著的增温^[1~3]、保墒^[4]和增产效应^[5~7],在谷子^[8]、玉米^[9~12]、小麦^[13~16]栽培中得到广泛应用,取得了明显的增产效果,大量研究表明,在沟垄比适宜的条件下,集雨系统可以提高了沟垄作地表温度和养分利用效率。任小飞^[17]等研究认为,不同沟垄集雨种植玉米的生育期普遍提前,株高、功能叶面积和生物量显著提高,籽粒产量及水分利用效率明显增加。王俊鹏等^[18]研究指出,在半干旱偏旱地区采用微集水种植技术可使作物产量增加和水分利用效率提高。白秀梅等^[19]不同微集水种植方式的水分利用效率进行了研究,发现与平铺膜和无膜常规种植法相比,微集水种植的水分利用率分别提高69.77%、104.8%。但有关绿豆微集水相关研究尚未见报道。本试验研究了长城沿线旱作农区不同垄沟集雨种植模式对绿豆生长发育、产量及水分利用效率的影响,旨在为旱作农区绿豆抗旱节水栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验区基本情况

试验于2010年在陕西省神木县进行。该区地处长城沿线,气候干燥,地势较高,下垫面保温、保水性不高,土壤质地为砂壤土和沙土,年均降雨量440 mm。

1.2 试验设计与方法

试验以横山绿豆为供试材料,田间起垄覆膜微集水技术设6种处理。即:

1) 带型1(DX1):带型150 cm,垄宽75 cm,垄面65 cm,两边膜各压5 cm,沟宽75 cm,沟内种植4行,平均行距37.5 cm,种植行距25 cm,株距33 cm,小区面积 $6.0\text{ m} \times 4\text{ m} = 24\text{ m}^2$ 。

2) 带型2(DX2):带型120 cm,垄宽60 cm,垄面50 cm,两边膜各压5 cm,沟宽60 cm,沟内种植3行,平均行距40 cm,种植行距30 cm,株距30 cm,小区面积 $4.8\text{ m} \times 4\text{ m} = 19.2\text{ m}^2$ 。

3) 带型3(DX3):带型80 cm,垄宽40 cm,垄面30 cm,两边膜各压5 cm,沟宽40 cm,沟内种植2行,行距40 cm,株距30 cm,小区面积 $3.2\text{ m} \times 4\text{ m} = 12.8\text{ m}^2$ 。

4) 双沟覆膜(DX4):带型80 cm,垄面50 cm,双沟距30 cm,两边膜各压10 cm,膜与膜间距10 cm,沟内种植2行,平均行距40 cm,种植行距30 cm,穴播,穴距30 cm,小区面积 $3.2\text{ m} \times 4\text{ m} = 12.8\text{ m}^2$ 。

5) 平膜穴播(DX5):带型160 cm,膜面100 cm。

收稿日期:2011-04-20

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项(200903007);陕西省攻关(2009K03-03);西北农林科技大学唐仲英育种专项

作者简介:蒋树怀(1985—),男,陕西横山人,硕士研究生,主要从事特色杂粮高产生态生理研究。E-mail: huaishuyezhi0504@126.com。

通讯作者:冯佰利(1966—),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事作物高产生态生理技术及小杂粮栽培和育种研究。E-mail: 7012766@163.com。

两边膜各压 10 cm,膜间距 40 cm,膜上种 4 行,平均行距 40 cm,种植行距 33.3 cm,穴播,穴距 30 cm,小区面积 $6.4\text{ m} \times 4\text{ m} = 25.6\text{ m}^2$ 。

6) 露地平作(CK):条播,行距 40 cm,株距 30 cm,小区面积 $3.2\text{ m} \times 4\text{ m} = 12.8\text{ m}^2$ 。

播前 5 d 起垄栽培,垄高 10 cm,采用厚度为 0.007~0.008 mm 的微膜进行人工覆膜。小区按复合肥 300 kg/hm^2 (其中 N 含量 15%,五氧化二磷 10%,氧化钾 5%)条播施入沟中,深度 10 cm。随机区组排列,3 次重复、小区间留 30 cm 隔离带。5 月 20 日播种,8 月 20 日第一次收获,9 月 23 日最后一次收获。全生育期不灌水,其他管理同大田。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤含水量 采用烘干重法,测定深度 0~100 cm,在种植沟内每隔 20 cm 取土一次。

土壤储水量表达式^[20]为: $S_w = d \times r \times w \times 10/100$,式中 S_w 为土壤储水量(mm), d 为土层厚度(cm), r 为土壤容重(g/cm^3), w 为土壤含水量(%)。耗水量(mm) = 播前土壤储水量(mm) + 降雨量(mm) - 收获后土壤储水量(mm)^[21]。

土壤水分利用率($\text{kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$) = 绿豆籽粒产量(kg/hm^2)/耗水量^[22]。

1.3.2 绿叶面积测定 采用打孔称重法,用孔径 5 mm 的单孔打孔器分别从距叶梢和叶柄 2 cm 处开始顺次打孔,每片叶片共打孔 20 次。

1.3.3 干物质积累 每小区选 3 株有代表性、长势一致的植株,对其根、茎、叶和荚进行处理称取鲜重,在干燥箱 105°C 杀青 15 min, 80°C 烘干至恒重,称取干重。

1.3.4 叶绿素含量测定 开花期开始,每隔 20 d 测定一次直至成熟。采用 80% 的丙酮直接浸取法,721 型分光光度计比色测定。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel、DPS 和 Origin 统计软件进行相关数据的处理和分析。

2 结果与分析

2.1 不同微集水模式下绿豆集水效果

生育期降雨为 310 mm,7 月 13 日降雨 10 mm 左右,此后至 8 月 15 日持续高温干旱,约 20 d 左右。

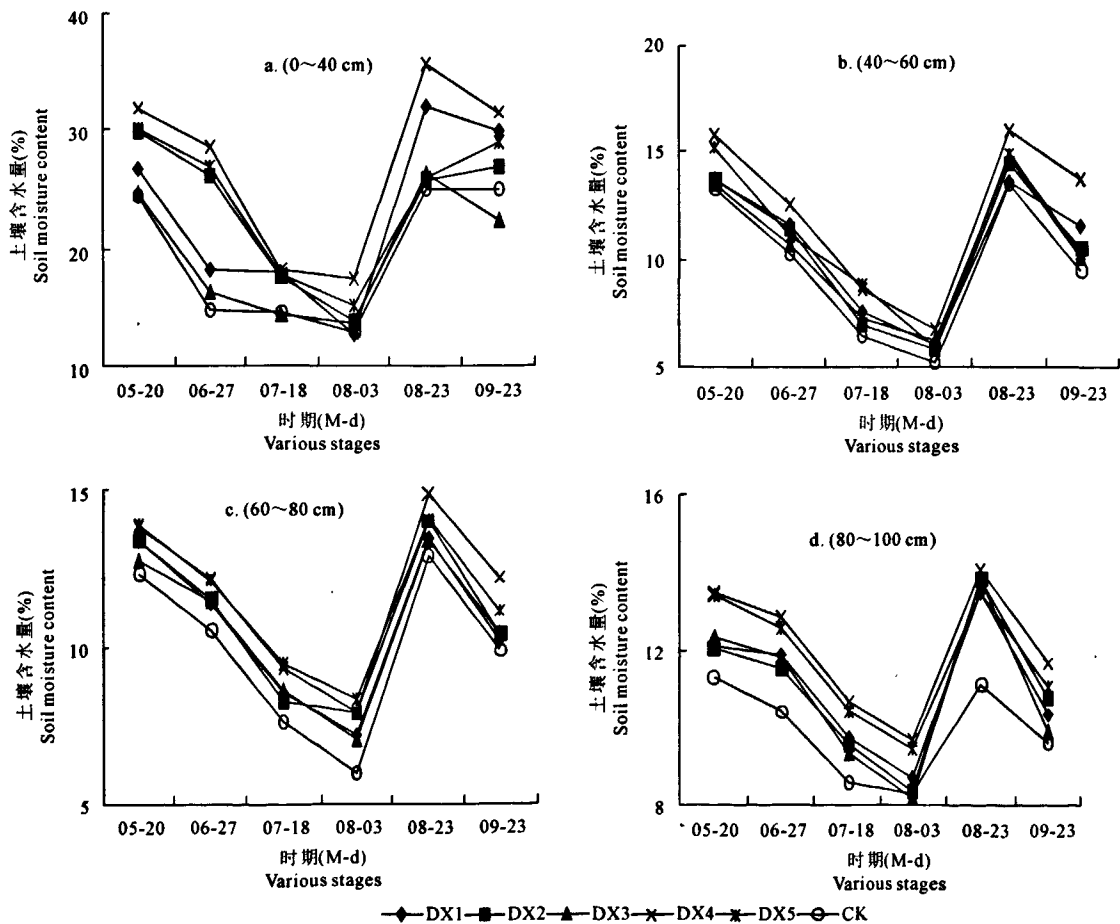


图 1 不同时期不同土层土壤含水量

Fig.1 Soil moisture content of different layers in various stages of mung bean

由图1可知,土壤土层含水量变化比较剧烈。土壤表层(0~40 cm)含水量变化最明显,与露地平作比较,DX4效果最佳在不同生育期土壤含水量都提高5%~15%,其它处理效果也明显,但它们之间差异不是很明显(图1-a)。5月20日、8月23日降雨后,微集水种植土壤土层含水量明显高与露地平作,表明微集水种植具有显著的雨水叠加功能,能将有限的降水最大限度的聚集于绿豆根部,使垄面上的降水集中到种植沟内。

由图2可知,随着生育时期推进,不同处理土壤储水量表现为减—增—减的变化趋势。0~100 cm土壤深度,土壤储水量以DX4处理为最好,依次为DX5、DX1、DX3、DX2,露地平作(CK)蓄水效果最差。至完熟期,DX4处理依然保持很高的土壤储水量,集水效果明显。

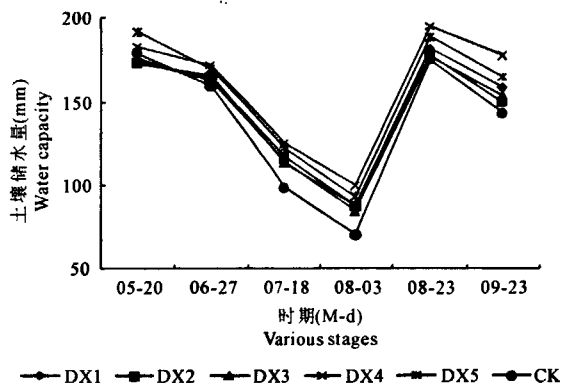


图2 不同时期土壤储水量

Fig.2 Water capacity in various stages of mung bean

2.2 不同微集水模式对绿豆生长发育的影响

2.2.1 生育进程 表1可以看出,与露地平作相比,不同微集水种植模式出苗、开花和成熟等生育进程都有所提前。其中双沟覆膜(DX4)出苗、开花和第一次收获,分别提前5、4、7 d;平膜穴播(DX5)分别提前4、2、5 d;DX1、DX2、DX3均提前1~2 d。

表1 绿豆生育进程(月-日)

Table 1 Growth stages of mung bean (M-d)

生育时期 Growth stage	DX1	DX2	DX3	DX4	DX5	CK
播种 Sowing	05-20	05-20	05-20	05-20	05-20	05-20
出苗 Seedling emergence	05-29	05-28	05-29	05-25	05-26	05-30
开花 Flowering	07-19	07-19	07-19	07-15	07-17	07-19
第一次收获 First harvesting	08-20	08-20	08-20	08-13	08-15	08-20

2.2.2 叶面积 由图3可知,与露地平作相比较,不同微集水种植增加了植株绿叶面积,双沟覆膜

(DX4)与露地平作植株绿叶面积差异最大,依次为平膜穴播(DX5)、DX3、DX2、DX1。

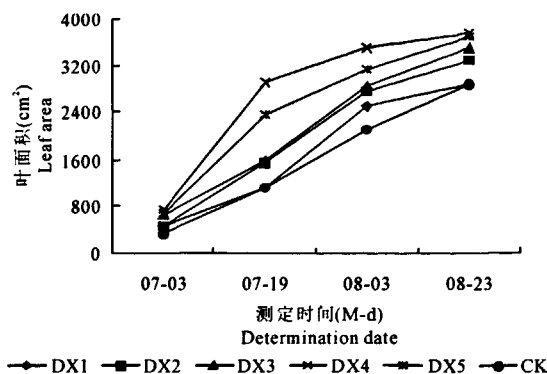


图3 叶面积动态

Fig.3 Leaf area dynamics

2.2.3 生物量积累 图4可知,随着生育进程的推进,绿豆植株地上总生物量积累均呈近“S”型增长趋势。整个生育期,不同微集水种植植株生物量积累速率明显大于露地平作,其中双沟覆膜(DX4)与露地平作植株生物量积累差异最为明显,依次为DX5、DX2、DX3、DX1。

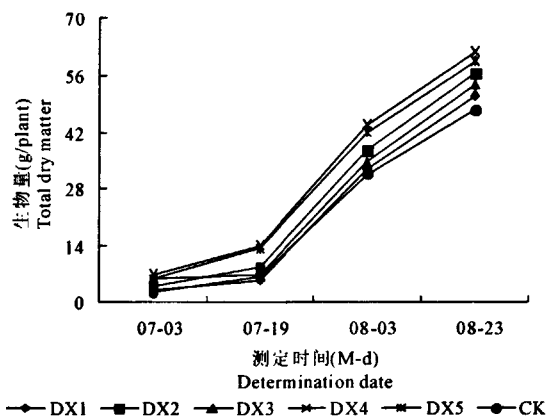


图4 单株生物量累积动态

Fig.4 The cumulative biomass production per plant

2.2.4 叶绿素含量 由图5可知,在整个生育期,双沟覆膜(DX4)种植绿豆上三叶叶绿素含量始终高于其它起垄沟播和露地平作栽培。这说明双沟覆膜绿豆可以较长时间维持较高的叶绿素含量,即延长了叶片的功能时期。

2.3 不同微集水种植模式对绿豆产量及水分利用效率的影响

由表2可知,微集水种植模式下,单株荚数比露地平作有明显的提高。方差分析结果表明,集雨种植均与CK差异显著。与露地平作相比,双沟覆膜(DX4)增产24.5%;平膜穴播(DX5)增产17%;DX3、DX1、DX2分别增产15.1%、4.2%和0.6%。

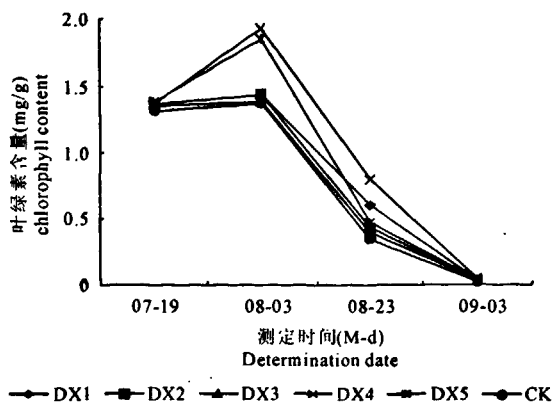


图 5 不同处理对绿豆开花后上三叶叶绿素含量的影响
Fig.5 Effect of different treatments on chlorophyll content of top leaves

表 2 各处理产量比较

Table 2 Comparison of mung bean yield in different treatments				
处理 Treatment	荚粒 Grains per pod	单株荚数 Pods per plant	百粒重(g) 100-grain weight	籽粒产量 (kg/hm ²) Yield
DX1	11.4	22.6ab	7.7	1437.50ab
DX2	11.0	21.8ab	7.4	1388.89b
DX3	11.4	21.8ab	7.3	1588.54ab
DX4	11.9	26.5a	7.8	1718.75a
DX5	10.7	24.3a	7.6	1614.58ab
CK	10.3	18.7b	7.5	1380.21b

从表 3 可以看出,与露地平作相比,微集水种植绿豆的水分利用效率明显提高,以双沟覆膜(DX4)水分利用效率最高,较露地平作增加 32.88%;平膜穴播(DX5)增加 20.21%。

表 3 各处理水分利用效率比较

Table 3 Comparison of WUE in different treatments

处理 Treatment	播时储水 Water storage at sowing stage (mm)	生育期降水 Rainfall at growing stages (mm)	收获时储水 Water storage at harvesting stage (mm)	总耗水量 Total water consumption (mm)	产量 Yield (kg/hm ²)	水分利用效率 WUE [kg/(mm·hm ²)]
DX1	172.87	310	158.14	324.73	1437.500	4.43
DX2	173.34	310	149.94	333.40	1388.889	4.17
DX3	166.21	310	123.45	352.76	1588.542	4.50
DX4	182.87	310	177.66	315.21	1718.750	5.45
DX5	192.10	310	174.78	327.32	1614.583	4.93
CK	179.42	310	153.06	336.36	1380.208	4.10

3 讨 论

微集水种植可以改善作物生长的水温状况,进而影响其生长发育。李凤民等^[23]的试验表明,沟垄集雨种植沟中 0~140 cm 土层贮水量明显高于平作,10 cm 土层的土温比平作的高 0.9℃,而且沟垄集雨种植的玉米比平作提前出苗 3 d。段喜明等^[24]研究指出,旱地玉米垄膜沟集雨种植系统中玉米出苗比平作种植提前 2~3 d,成熟比平作提前 15 d 左右。胡希远等^[25]研究指出,沟垄径流集雨种植条件下,糜子幼苗期的干重及株高较平作都有较大的提高,干重提高 31.6%~126.3%,株高增 26.0%~75.7%。本研究表明,微集水种植技术绿豆的出苗、开花和成熟等生育进程都有所提前,叶面积、单株生物积累量和叶绿素含量较露地平作均有提高,对绿豆的生长有明显的促进作用。

Reiz^[26]在撒哈拉荒漠区使用沟垄集雨方法种植高粱和谷子,获得 1 900.95 和 3 101.6 kg/hm² 产量,较平作种植增产显著。王琦等^[27]研究认为,膜垄种植马铃薯平均水分利用效率是对照的 2.6 倍,土垄

种植马铃薯水分利用效率和对照相差不大。任小飞等^[17]研究指出,人工模拟降雨模式下,不同垄沟集雨种植玉米籽粒产量及水分利用效率提高了 9.5%~82.8%,沟垄集雨种植春玉米适宜的雨量上限可能在全生育期降雨量 440 mm 以下。本研究表明,与露地平作栽培相比较,双沟覆膜处理水分利用效率提高了 32.88%,平膜穴播提高了 20.21%。但有关不同降水年型不同集雨方式对土壤水分动态和水分利用效率的影响还有待于进一步研究。

参 考 文 献:

[1] Ravi V, Lourduraj A C. Comparative performance of plastic mulching on soil moisture content soil temperature and yield of rainfed cotton [J]. Madras Agriculture Journal, 1996, 83: 709—711.
[2] Mashingsidze A B, Chivinge O A, Zishiri C. The effects of clear and blank mulch on soil temperature, weed seed viability and seedling emergence, growth and yield of tomatoes [J]. Journal of Applied Sciences in Southern Africa, 1996, (2): 6—14.
[3] 夏自强, 蒋洪庚, 李琼芳, 等. 地膜覆盖对土壤温度、水分的影响及节水效益 [J]. 河海大学学报, 1997, 25(3): 39—46.
[4] 佟屏亚. 玉米覆膜栽培概况和发展前景 [J]. 耕作与栽培, 1997,

- (12):51—56.
- [5] 郭志利.不同覆膜方式对旱地大豆生长发育及产量效应的影响[J].辽宁农业科学,2000,(3):26—28.
- [6] 李 军,王龙昌,孙小文,等.宁南半干旱偏旱区旱作农田沟垄径流集水蓄墒效果与增产效应研究[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):16—20.
- [7] 曹玉琴,刘彦明,王梅春,等.旱作农田沟垄覆盖集水栽培技术的试验研究[J].干旱地区农业研究,1994,12(1):75—77.
- [8] 丁瑞霞,贾志宽,韩清芳,等.宁南旱区沟垄微型集水种植谷子最优沟垄宽度的确定[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):12—16.
- [9] 王俊鹏,马 林,蒋 骏,等.宁南半干旱地区农田微集水种植技术研究[J].西北农林科技大学学报,1999,27(3):22—27.
- [10] 王同朝,卫 丽,王 燕,等.夏玉米垄作覆盖对农田土壤水分及其利用影响[J].水土保持学报,2007,21(2):129—132.
- [11] 段喜明,吴普特,白秀梅,等.旱地玉米垄膜沟种微集水种植技术研究[J].水土保持学报,2006,20(1):143—146.
- [12] 赵聚保,钟兆站,薛军红,等.旱地春玉米田微集水保墒技术研究[J].农业工程学报,1996,12(2):28—33.
- [13] 李秀君.坡地田间微地型集雨种植技术研究[J].水土保持通报,2002,22(2):41—42.
- [14] 朱国庆,史学贵,李巧珍.定西半干旱地区春小麦农田微集水种植技术研究[J].中国农业气象,2001,22(3):6—9.
- [15] 王 勇,樊廷录,崔明九.旱地膜冬小麦增产机理研究初报[J].西北农业学报,1998,7(4):43—48.
- [16] 王 敏,党建友,张定一,等.大旱之年小麦地膜覆盖增产效果的研究[J].山西农业科学,2010,(2):57—59.
- [17] 任小龙,贾志宽,陈小莉,等.模拟不同雨量下沟垄集雨种植对春玉米生产力的影响[J].生态学报,2008,28(3):1006—1015.
- [18] 王俊鹏,韩清芳,王龙昌,等.宁南半干旱地区春小麦农田微集水种植技术研究[J].干旱地区农业研究,1999,14(2):8—13.
- [19] 白秀梅,卫正新,郭汉清,等.晋北旱地玉米微集水种植技术的土壤水分动态研究[J].山西农业大学学报,2005,25(3):289—308.
- [20] 廖允成,韩思明,温晓霞.黄土台塬旱地小麦土壤水分特征及水分利用效率研究[J].中国生态农业学报,2002,10(3):55—58.
- [21] 王顺霞,王占军,左 忠,等.不同覆盖方式对旱地玉米田土壤环境及玉米产量的影响[J].干旱区资源与环境,2004,18(9):10—12.
- [22] 李吾强,温晓霞,高茂盛,等.半湿润区旱作起垄覆膜沟播小麦的水分及生理效应研究[J].西北农业学报,2008,17(5):146—151.
- [23] 李凤民,王 静,赵松岭.办干旱黄土高原给水高效农业的发展[J].应用生态学报,1999,19(2):152—157.
- [24] 段喜明,吴普特,白秀梅,等.旱地玉米垄膜沟种微集水种植技术研究[J].水土保持学报,2006,20(1):143—146.
- [25] 胡希远,陶士珩,王立祥.半干旱偏旱区糜子沟垄径流栽培研究初报[J].干旱地区农业研究,1997,15(1):45—47.
- [26] Reiz C, Mulder P, Begeman L. Water harvesting for plant production [J]. World Bank Technical paper91,1988,10(3):256—271.
- [27] 王 琦,张恩和,李凤民,等.半干旱地区沟垄微型集雨种植马铃薯最优沟垄比的确定[J].农业工程学报,2005,21(1):38—41.

Effects of micro-water-harvesting techniques in mung bean field of dryland

JIANG Shu-huai¹, WANG Peng-ke¹, GAO Xiao-li¹, LIU Jian-ping², QU Yang¹, SONG hui¹, FENG Bai-li¹

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Agricultural Technology Extension Center, Shenmu, Shaanxi 719300, China)

Abstract: A field experiment was conducted to determine the effects of mode 150 cm(DX1), mode 120 cm(DX2), mode 80 cm(DX3), film-covered double-furrow(DX4), flat film-covered(DX5) and traditional cultivation(CK) six micro-water-harvesting techniques on soil water use efficiency and grain yield of mung bean in Shenmu, the northern of Shaanxi. The results show that there are obvious effects of micro-water-harvesting techniques compared with traditional cultivation (CK). They can significantly increase water storage capacity in the 0~40 cm soil layer, as well as speed up growth and leaf area, biomass and chlorophyll content. The DX4 has the best effect, in which the grain yield and water use efficiency increase by 24.5% and 32.88%, while DX5, DX3, DX2 and DX1 are also up to remarkable level. Therefore, the micro-water-harvesting techniques have large water storage capacity and can increase grain yield and water use efficiency.

Keywords: mung bean; micro-water-harvesting technique; soil moisture; physiological parameter