

张艾英,郭素芬,张莉,等.膜侧沟播对旱地春谷生理生态特性及产量的影响[J].江苏农业科学,2016,44(6):148-151.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.06.038

# 膜侧沟播对旱地春谷生理生态特性及产量的影响

张艾英<sup>1</sup>,郭素芬<sup>2</sup>,张莉<sup>3</sup>,郭二虎<sup>1</sup>,范惠萍<sup>1</sup>,李瑜辉<sup>1</sup>,王丽霞<sup>1</sup>,王秀清<sup>1</sup>,程丽萍<sup>1</sup>

(1.山西省农业科学院谷子研究所/特色杂粮种质资源发掘与育种山西省重点实验室,山西长治 046011;

2.陕西理工学院,陕西汉中 723001; 3.山西农业大学生命科学学院,山西太谷 030801)

**摘要:**研究了膜侧沟播对旱地春谷生理生态特性及产量的影响。结果表明,膜侧沟播谷子比对照露地条播谷子抽穗期提前4 d,成熟期提前7 d,出苗数提高4.8%,增产14.18%,增产效果显著,可作为黄土高原区旱地谷子生产的高产栽培新模式。

**关键词:**谷子;旱地;膜侧沟播;光合生理;产量

**中图分类号:** S515.042 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)06-0148-04

谷子(*Setaria italica*)膜侧沟播栽培是使用膜侧播种机一次完成开沟、起垄、铺膜、压膜、播种、覆土、镇压等工序的技术,该技术较成熟,效率高,劳动强度低,播种质量好,集抗旱、集雨、增产为一体,为干旱半干旱地区旱作农业发展开辟了一条新途径。膜侧沟播谷子栽培技术在谷子春播早熟区应用较多,该技术较好地改善了作物生长阶段的水、肥、气、热生态条件,使谷子植株生长健壮,个体发育良好,穗分化进程提前,有效解决了因伏旱造成的抽穗难和早霜危害造成的结实、成熟问题,具有显著的增产效果<sup>[1]</sup>。谷子膜侧沟播栽培在甘肃省中西部地区有明显的增温、集雨、保墒作用,使谷子早出苗、出全苗,增产效果明显,使一些地区不能种植的中晚熟品种在该

地区能正常成熟<sup>[2-4]</sup>。目前对谷子膜侧沟播的研究主要集中在一些技术配套和产量效益上<sup>[2-5]</sup>,而有关膜侧沟播条件下谷子生理生态效应的研究未见报道。本研究选用春谷品种长农35号进行谷子膜侧沟播栽培试验,探讨膜侧沟播种植模式下不同生育时期谷子生长发育、光合特性、土壤状况,以期对谷子高产高效栽培提供理论指导。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验概况与田间设计

试验于2011年在山西省农业科学院谷子研究所试验田进行,土壤类型为壤土,试验点属中温带半湿润大陆性季风气候,年平均气温5~11℃,年平均降水量600 mL以上,无霜期155~184 d。2011年谷子生育期间降水量为357.4 mm。试验地前茬作物为玉米,一年一熟,多年秸秆还田。

试验选用春谷中晚熟品种长农35号,设膜侧沟播处理(RF)和不覆膜露地条播处理(CK)。膜侧沟播谷子采用膜侧播种机一次完成开沟、起垄、铺膜、压膜、播种、覆土、镇压等工序,不覆膜露地条播采用普通条播机播种。每个处理重复

收稿日期:2015-04-10

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-07-12.5-A10);国家科技支撑计划(编号:2014BAD07B01-03)。

作者简介:张艾英(1977—),女,山西寿阳人,硕士,助理研究员,研究方向为作物栽培与生理生态。E-mail:zay1012@126.com。

通信作者:郭二虎,研究员,研究方向为作物育种与栽培生理。E-mail:guoerhu2003@163.com。

[8]李健陵,张晓艳,吴艳飞,等.灌浆结实期高温对早稻产量和品质的影响[J].中国稻米,2013(4):50-55.

[9]于堃,宋静,高萍.江苏水稻高温热害的发生规律与特征[J].气象科学,2010,30(4):530-533.

[10]朱珠,陶福祿,娄运生.1980—2009年江苏省气温变化特征及水稻高温热害变化规律[J].江苏农业科学,2013,41(6):311-315.

[11]包云轩,刘维,高萍,等.气候变暖背景下江苏省水稻热害发生规律及其对产量的影响[J].中国农业气象,2012,33(2):289-296.

[12]金志凤,杨大明,李仁忠,等.浙江省高温热害发生规律及其对早稻产量的影响[J].中国农业气象,2009,30(4):628-631.

[13]罗攀攀,阳园燕,唐余学,等.气候变化背景下重庆水稻高温热害发生规律研究[J].西南农业学报,2011,24(6):2185-2189.

[14]江西省统计局,国家统计局江西调查总队.江西统计年鉴:2012[M].北京:中国统计出版社,2013:255-256.

[15]杨丙玉,申双和,陶苏林,等.江西省水稻高温热害发生规律研究[J].中国农业气象,2012,33(4):615-622.

[16]李丽纯,陈家金,陈惠,等.福建省马铃薯气候减产的风险分析和区划[J].中国农业气象,2013,34(2):186-190

[17]黄崇福.自然灾害风险评估理论与实践[M].北京:科学出版社,2005.

[18]杜子璇,刘静,刘昌伟.基于信息扩散理论的长江中下游地区高温热害风险分析[J].气象与环境科学,2012,35(2):8-15.

[19]陈家金,王加义,林晶,等.基于信息扩散理论的东南沿海三省农业干旱风险评估[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):248-253.

[20]谭中和,蓝泰源,任昌福,等.杂交籼稻开花期高温危害及其对策的研究[J].作物学报,1985,11(2):103-108.

[21]王钰.气象灾害对水稻生长的影响[J].现代农业科技,2010(24):302,305.

[22]谢志清,杜银,高苹,等.江淮流域水稻高温热害灾损变化及应对策略[J].气象,2013,39(6):774-781.

[23]刘伟昌,张雪芬,余卫东,等.水稻高温热害风险评估方法研究[J].气象与环境科学,2009(1):33-38.

3次。

## 1.2 测定项目及方法

1.2.1 地温测定 在谷子拔节后(6月29日)将曲管地温计埋入土壤中,分别测定覆膜、不覆膜地温,测定深度分别为5、10、15、20、25 cm。选择各生育时期连续2 d晴朗天气进行定点测量,分别于8:00、10:00、12:00、14:00、16:00、18:00记录温度。各生育时期地温的日平均值为连续2 d、6次/d测定值的平均值。

1.2.2 SPAD(soil and plant analyzer development)值测定 谷子抽穗后,采用日本产叶绿素测定仪 SPAD-502(Konica Minolta)测定顶三叶的 SPAD 值。

1.2.3 光合速率、气孔导度、蒸腾速率测定 采用美国产 CIRAS-2 型光合速率仪测定谷子顶三叶的净光合速率(net photosynthesis rate,  $P_n$ )、气孔导度(stomatal conductance,  $G_s$ )、蒸腾速率(transpiration,  $T_r$ )、细胞间隙二氧化碳浓度(intercellular  $CO_2$  concentration,  $C_i$ )。于谷子开花后,每处理测定5株。

1.2.4 农艺性状调查与小区测产 于谷子拔节期、成熟期对其株高、茎粗、穗长、穗粗、穗质量、穗粒质量、千粒质量等农艺性状进行调查。在每个小区中间行内选取约1 m作为取样单元,取10株带回室内进行调查,取其均值作为小区农艺性状值。去掉小区边行,每个小区收获面积6 m<sup>2</sup>(3 m×2 m),以此计产作为小区产量。

1.2.5 水分利用效率(WUE)计算 采用 Fischer 等的方法计算 WUE<sup>[6-7]</sup>:

$$WUE = P_n / T_r。$$

1.2.6 土壤含水量测定 测定0~100、100~200 cm土壤水分含量。

1.2.7 数据分析 采用 DPS 软件进行数据分析<sup>[8]</sup>,采用新复极差法进行显著性检验,采用 Excel 2003 软件绘制图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 膜侧沟播对谷子农艺性状及产量的影响

由表1可见,与对照露地条播比较,谷子膜侧沟播处理抽穗期提前4 d,成熟期提前7 d,出苗数提高4.8%。

表1 膜侧沟播谷子生育时期及出苗情况

处理	播种期	抽穗期	成熟期	出苗数(株/m <sup>2</sup> )
RF	5月19日	8月4日	9月19日	60.39±5.97
CK	5月19日	8月8日	9月26日	57.61±4.76

由表2可见,与对照相比,谷子拔节后膜侧沟播处理下的谷子农艺性状除可见叶数显著增多外,株高、倒二叶面积、绿叶数、次生根数、节数、植株鲜(干)质量、根鲜(干)质量都极显著增大或增多。

由表3可见,与对照相比,成熟期谷子膜侧沟播处理下的谷子株高显著增高,倒二叶面积却显著降低;可见叶数、节数、茎粗、次生根数、根干质量有增加趋势,但差异不显著;在谷子植株总干质量不变的情况下,茎干质量有降低趋势,根、叶鞘干质量有增加的趋势。可见膜侧沟播处理下谷子根、叶鞘的干物质累积量增加。

表2 拔节期膜侧沟播谷子农艺性状

处理	株高(cm)	倒二叶面积(cm <sup>2</sup> )	可见叶数(张)	绿叶数(张)	次生根数(条)
CK	56.80±8.44bB	65.31±26.43bB	11.00±0.47bA	9.30±0.82bB	18.50±5.30bB

处理	节数(节)	植株		根	
		鲜质量(g)	干质量(g)	鲜质量(g)	干质量(g)
RF	5.60±0.70aA	18.20±8.89aA	3.28±1.56aA	2.14±1.28aA	0.67±0.39aA
CK	3.70±1.16bB	7.23±2.87bB	1.36±0.54bB	0.78±0.48bB	0.21±0.10bB

注:同列数据后不同大写、小写字母分别表示在0.01、0.05水平上差异显著。表3、表4同。

表3 成熟期膜侧沟播谷子农艺性状

处理	植株干质量(g)	茎干质量(g)	叶鞘干质量(g)	根干质量(g)	可见叶数(张)
RF	22.74±1.19a	10.24±0.38a	9.93±0.56a	2.57±0.29a	13.67±1.20a
CK	22.74±4.20a	10.61±1.81a	9.92±1.94a	2.20±0.51a	12.78±1.26a

处理	节数(节)	株高(cm)	倒二叶面积(cm <sup>2</sup> )	茎粗(cm)	次生根数(条)
RF	15.00±0.00a	145.22±2.71a	128.41±4.35b	8.74±0.48a	48.00±3.18a
CK	14.55±0.38a	142.55±2.99b	138.61±3.70a	8.45±1.30a	41.56±0.19a

由表4可见,与对照相比,膜侧沟播谷子增产率达14.18%,增产效果显著,与产量相关的穗数、穗质量、粒质量、千粒质量、穗长等性状均表现为增加,但未达显著水平,穗粗

则表现为降低。说明谷子膜侧播种处理下产量的提高体现在谷子个体多个性状量的累积上。

表4 膜侧沟播谷子产量及其相关性状

处理	穗数(穗/m <sup>2</sup> )	穗质量(g)	粒质量(g)	千粒质量(g)	穗长(cm)	穗粗(cm)	产量(kg/hm <sup>2</sup> )
RF	60.39±5.97a	17.39±1.42a	13.94±1.41a	2.75±0.52a	20.83±0.76a	33.61±3.11a	5 018.58±27.54a
CK	57.61±4.76a	16.01±1.76a	12.77±1.13a	2.53±0.25a	20.17±0.50a	36.09±0.18a	4 395.22±131.44b

## 2.2 谷子膜侧沟播的增温效应

由表5可以看出,对于5 cm深度地温,膜侧沟播处理下增温不明显,拔节期、成熟期甚至降低;膜侧沟播处理的10 cm 土壤地温比对照升高1.13~2.62 °C;膜侧沟播处理的15 cm 土壤地温比对照升高1.37~1.92 °C;膜侧沟播处理的20 cm 土壤地温比对照升高0.56~2.77 °C;膜侧沟播处理的25 cm 土壤地温在抽穗期比对照升高约1 °C,拔节期、成熟期增温不明显。总体上看,谷子膜侧沟播处理的增温效应主要体现在10~20 cm 土壤地温,在谷子抽穗期,也是气温较高时,其增温效应可以延伸到25 cm 以下,但膜侧沟播处理增温最高的深度在20 cm 左右。

表5 膜侧沟播谷子不同生育时期的增温效应

生育期	不同土层增温幅度(°C)				
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
拔节期	-0.96	1.13	1.47	2.12	-0.02
抽穗期	1.04	2.62	1.92	2.77	1.18
成熟期	-0.36	1.77	1.37	0.56	0.24

注:增温幅度为膜侧沟播处理地温与露地条播处理地温的差值。

由图1可见,膜侧沟播处理下不同深度地温的早晚变化小,不同深度地温变化较大的时间出现在12:30—14:30。露地条播、膜侧沟播处理地温日变化的不同主要体现在10、15 cm 深度上,露地条播处理10 cm 地温高峰出现在14:30,随后下降;而膜侧沟播处理的10 cm 地温高峰从12:30 稳定到14:30,随后地温下降速度低于露地条播处理。露地条播处理的15 cm 地温高峰也出现在14:30,随后下降;而膜侧沟播处理的15 cm 地温高峰平缓上升,直到16:30 时达到高峰。这充分体现了膜侧沟播谷子增温快、保温效果佳的特性。

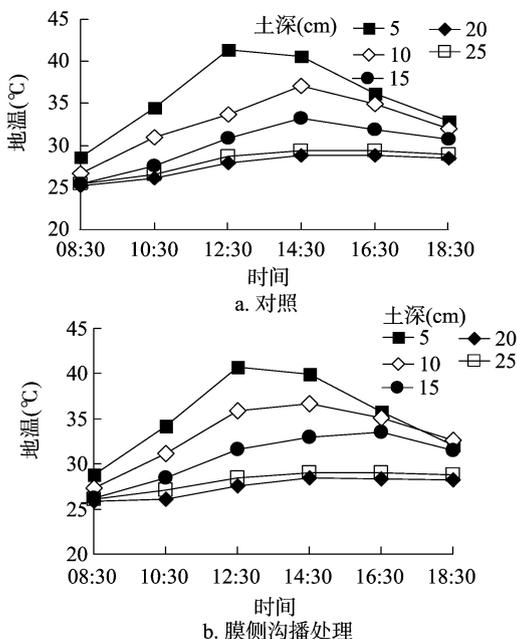


图1 拔节期膜侧沟播谷子地温的日变化

## 2.3 谷子膜侧沟播土壤水分效应

由图2可以看出,土壤深度0~40 cm 时谷子膜侧沟播处理的土壤含水量比对照低;土壤深度40 cm 以上时谷子膜侧

沟播处理的土壤含水量比对照高;土壤深度60 cm 左右时土壤含水量最大。

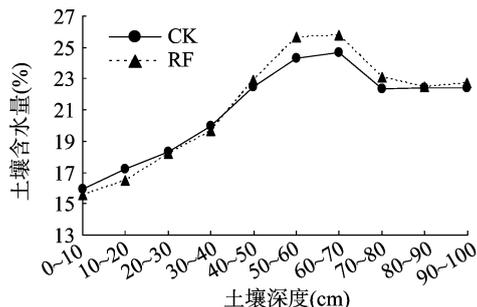
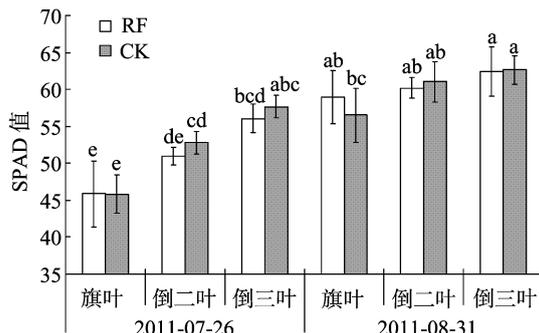


图2 膜侧沟播谷子不同深度土壤水分变化

## 2.4 谷子膜侧播种叶绿素 SPAD 值及光合特性

由图3可见,2个处理下不同生育时期顶三叶 SPAD 值表现为旗叶 < 倒二叶 < 倒三叶,但在不同播种方式、不同生育时期下表现有所不同,膜侧沟播处理下不同生育时期顶三叶 SPAD 值不存在显著差异。

光合作用对作物产量影响很大,是作物生长发育、干物质积累、产量形成的基础,谷子产量90%以上来自抽穗期以后的光合作用<sup>[9-10]</sup>。由图4可以看出,与对照相比,膜侧沟播后旗叶的细胞间隙CO<sub>2</sub>浓度和气孔导度增加,光合速率、蒸腾速率、水分利用率都降低;倒二叶的水分利用效率、光合速率升高,其他指标都降低;倒三叶的蒸腾速率、光合速率升高,其他指标都降低。



不同小写字母表示在0.05水平上差异显著

图3 不同时间膜侧沟播谷子 SPAD 值变化

## 3 结论与讨论

膜侧沟播谷子显著加快谷子的营养生长和生育进程,比对照露地谷子抽穗期提前4 d,成熟期提前7 d,这对于高寒冷凉地区谷子免受早霜冻害具有重要意义,且比对照露地条播增产14.18%,为谷子高产栽培奠定基础,可作为黄土高原旱地谷子高产栽培新模式。

相对露地种植技术,地膜覆盖种植方式对耕层地温提升、保墒集雨作用明显<sup>[11-12]</sup>。本试验条件下,谷子膜侧沟播后前期、中期增温效果明显,后期增温效果小,原因可能是后期谷子植株长高遮阴所致,但在黄土高原地区前期地温低、常发生春旱的情况下,膜侧播种起到了很好的保墒保温效果,其出苗率比常规田提高4.8%,对谷子出苗和保全苗具有重要意义<sup>[13-18]</sup>。

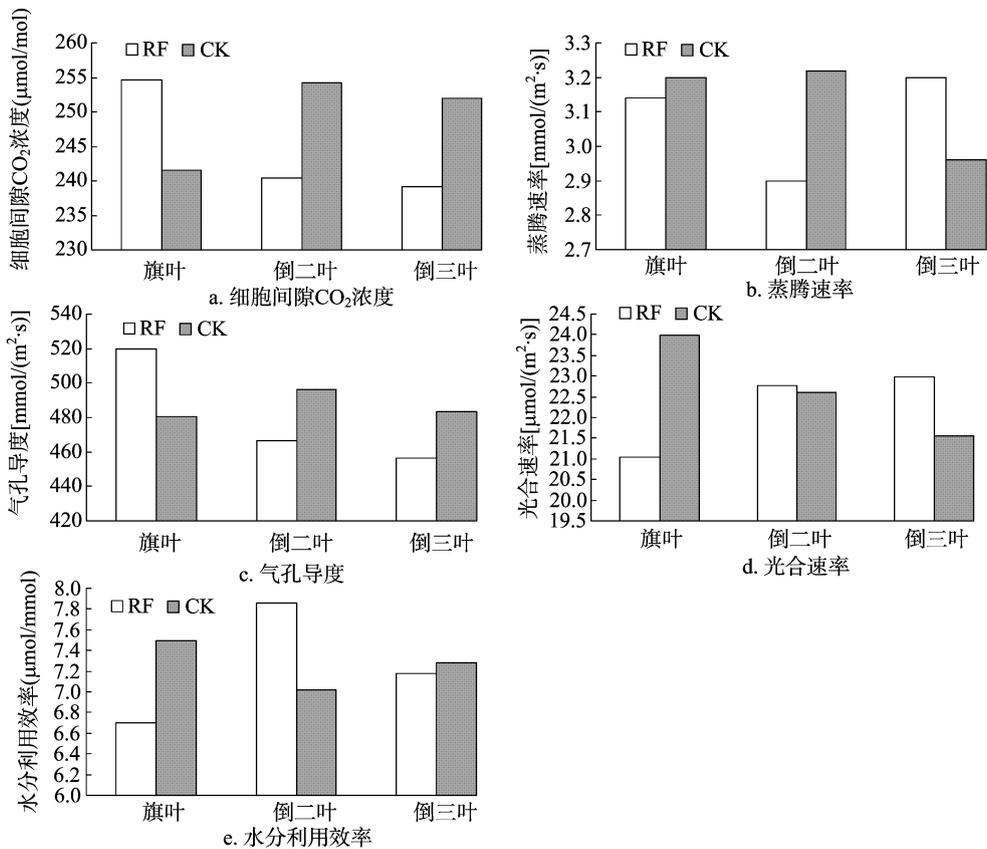


图4 膜侧沟播谷子光合特性、水分利用率变化

从叶绿素 SPAD 值和光合特性来看,膜侧沟播后对谷子顶三叶功能进行了重新调配,表现为顶三叶 SPAD 值和光合特性的变化,这种调配可能更有利于产量形成。本研究只进行了一个时期的试验,下一步须要进行动态调查来确定这些生理指标变化对谷子产量的影响。

#### 参考文献:

[1]张韶军. 试论干旱半干旱地区膜侧谷子栽培的前景与对策[J]. 中国农机化,2008(5):51-53.

[2]邢国,王天华,水建兵. 旱地谷子膜侧栽培试验初报[J]. 甘肃农业科技,1999(6):26-27.

[3]姚莽花. 定西旱作区谷子膜侧沟播栽培技术[J]. 甘肃农业科技,2003(4):29-30.

[4]王向丽. 庄浪县旱地谷子膜侧条播栽培技术[J]. 甘肃农业科技,2013(8):58-59.

[5]穆长青. 旱地谷子不同覆膜方式栽培的产量及经济效益分析[J]. 内蒙古农业科技,2014(2):46,52.

[6]Fischer R A, Turner N C. Plant production in the arid and semiarid zones[J]. Annu Rev Plant Phys, 1978, 29: 277-317.

[7]Powle S B. Photo inhibition of photosynthesis induced by visible light[J]. Rev Plant Physiol, 1984, 35: 15-44.

[8]唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 280-311.

[9]赵荣华,黄明镜,李萍. 旱地谷子休闲期地膜覆盖垄作效应研究[J]. 生态农业研究,1998,6(3):30-32.

[10]刘子会,张红梅,张艳敏,等. 灌浆期杂交谷子旗叶的光合特性[J]. 西北农业学报,2012,21(11):60-64.

[11]杨红梅,石龙,王建共. 春谷子地膜覆盖栽培试验研究[J]. 山西农业科学,2008,36(1):70-72.

[12]郭志利,古世禄. 覆膜栽培方式对谷子(粟)产量及效益的影响[J]. 干旱地区农业研究,2000,18(2):33-39.

[13]穆迎丽,安占银,马玉鹏. 糜子膜侧栽培品种比较试验[J]. 现代农业科技,2015(1):79-80.

[14]姜净卫,董宝娣,司福艳,等. 地膜覆盖对杂交谷子光合特性、产量及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2014(6):154-158,194.

[15]Li R, Hou X Q, Jia Z K, et al. Effects on soil temperature, moisture, and maize yield of cultivation with ridge and furrow mulching in the rainfed area of the Loess Plateau, China [J]. Agricultural Water Management, 2013, 116: 101-109.

[16]董立国,袁汉民,火勇,等. 膜侧冬麦土壤水分温度时空变化规律研究[J]. 节水灌溉,2007(8):1-3.

[17]郭景山,李文刚,曹春梅,等. 旱地马铃薯覆膜和膜侧种植处理比较试验[J]. 中国马铃薯,2011,25(2):82-84.

[18]张德奇,廖允成,贾志宽,等. 宁南旱区谷子地膜覆盖的土壤水温效应[J]. 中国农业科学,2005,38(10):2069-2075.