

旱地谷子渗水地膜覆盖栽培的土壤水温效应 及其生长发育研究

任瑞玉,何继红,董孔军,刘天鹏,张磊,杨天育

(甘肃省农业科学院作物研究所,甘肃兰州730070)

摘要:为了给旱地谷子渗水地膜覆盖栽培技术的推广应用提供参考,在年降雨量400 mm的甘肃中部半干旱地区研究了旱地谷子渗水地膜覆盖种植的土壤水分、地温效应及其生长发育的影响。试验设露地、普通地膜覆盖、渗水地膜覆盖3个处理,采用单因素随机区组设计,在谷子出苗期、抽穗期、成熟期分别测定各处理耕层含水量、温度,收获后记产。结果表明:渗水地膜的渗水作用使其比普通地膜能接纳更多的雨水(在抽穗期,渗水地膜下0~20、20~40、40~60 cm耕层的含水量分别为8.1%、10.3%、12.7%,而普通地膜为8.1%、9.3%、12.6%,在成熟期,渗水地膜覆盖0~20、20~40、40~60 cm耕层的含水量分别为7.4%、9.6%、10.7%,而普通地膜为5.8%、6.3%、9.1%,均是T1>T2);渗水地膜和普通地膜都具有提高地温的作用,而且渗水地膜在温度较低时提高地温的效果更优于普通地膜(在谷子成熟期,当温度低于15℃时,T1>T2),在温度较高时渗水地膜的微气孔张开,具有调温作用,使得在气温较高时渗水地膜覆盖下的地温明显低于普通地膜覆盖下的地温(在出苗期的12:00和18:00普通地膜下温度超过30℃时,T2、T1之间的差值明显增大);渗水地膜覆盖处理较普通地膜相比,具有改善谷子农艺性状的作用,且使谷子增产6.75%。

关键词: 渗水地膜;旱地谷子;土壤水分;地温;产量

中图分类号: S318; S515 **文献标志码:** A

Effects of water-permeability plastic film mulching on soil moisture, temperature and growth and development of foxtail millet in dry land

REN Rui-yu, HE Ji-hong, DONG Kong-jun, LIU Tian-peng, ZHANG Lei, YANG Tian-yu

(Crop Research Institute, Gansu Province Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: In order to provide reference for the popularization and application of water-permeability plastic film mulching cultivation technology on foxtail millet in dryland, effects of water-permeability plastic film mulching on soil moisture, temperature and growth and development of foxtail millet in dry land were investigated on the study. In semi-arid area of central Gansu where annual rainfall is about 400 mm, the single factor randomized block design with open ground, common plastic film mulching, and water-permeability plastic film treatments were adopted and soil moisture content, soil temperature, and yield were measured at emergence, heading, and maturation stages in the experiment. The results showed that water-permeability plastic film with moisture permeable function enabled soil to absorb more water than common plastic film (the average soil moisture content of water-permeability plastic film is higher than the common plastic film in each growth period). Water-permeability plastic membrane and common plastic film mulching both increased soil temperature. However, due to the regulatory function of micropores in water-permeability plastic film, it was easier to have temperature increased at low temperatures and cause temperature reduced at high temperatures than the common plastic film. Compared with common plastic film, water-permeability plastic film treatment can improve agronomic traits and increase foxtail millet yield by 6.75%.

Keywords: water-permeability plastic membrane; foxtail millet; soil moisture; soil temperature; yield

收稿日期:2015-05-22

基金项目:国家科技支撑计划(2014BAD07B01;2013BAD01B05-9)

作者简介:任瑞玉(1966—),甘肃临洮人,高级农艺师,主要从事小杂粮育种与种质资源研究。E-mail: lzhrhy2006@163.com。

通信作者:杨天育(1968—),甘肃渭源人,研究员,主要从事小杂粮育种与种质资源研究。E-mail:13519638111@163.com。

在西北干旱地区,干旱缺水是制约农作物生产的重要因素,干旱常造成作物减产甚至绝收。如何有效应用抗旱保墒和集雨技术,挖掘现有降水生产潜力,是发展旱作农业生产的重要途径之一^[1]。张德奇^[2]研究指出,地表覆盖可有效保蓄土壤水分,减少蒸发,协调作物生长用水、需水矛盾,并且可促进深层水分的利用。因此,以地膜覆盖为主的地表覆盖栽培成为增加旱地土壤贮水和提高作物产量的一个重要措施,在北方旱区大面积推广应用^[3-4]。但地膜覆盖技术虽然有较强的增温、保墒作用,在接纳雨水方面,却起了阻隔作用^[5],由姚建明等^[6-8]专家研制的渗水地膜可使水分从膜面直接渗入土壤,具有渗水、保水、增温、微通气、耐老化等功能。渗水地膜面世后,研制单位和其它研究单位对渗水地膜在小麦^[9]、玉米^[10-11]、高粱^[12]、水地谷子^[13]等大田作物上的应用进行了大量研究,为不断完善干旱半干旱地区作物覆盖栽培理论与技术体系起到积极推动作用^[8]。谷子是北方干旱半干旱地区重要的秋粮作物,在旱作农业生产中占有重要地位。实践证明,谷子地膜覆盖栽培技术是一项增产增效的农业实用技术,它改变了旧的谷子耕作栽培习惯,给旱地谷子生产带来了新的发展契机^[14]。研究也表明,旱地谷子渗水地膜覆盖种植,可提高土壤温度^[15],保持土壤水分,提高降水利用率^[16],提高旱地谷子产量^[17]。但是对年降雨量 400 mm 的半干旱旱地谷子渗水地膜覆盖栽培的土壤水分、温度效应及对谷子农艺性状及产量的影响研究尚未见报道。本研究旨在通过研究旱地谷子渗水地膜覆盖种植的土壤水分、温度效应及对谷子农艺性状及产量的影响,为谷子渗水地膜覆盖栽培技术的推广应用提供参考。

1 试验材料及方法

1.1 试区概况

试验设在甘肃省会宁县中川乡王河村,位于北纬 35°40',东经 105°06',海拔 1 800.5 m,属半干旱地区。常年降雨量约 400 mm,无霜期 130 d 左右,年平均气温在 10.0℃~15.5℃之间,年日照时数 2 520 h,≥10℃的积温 1 860℃;当年降雨量为 423 mm,无霜期 129 d,年平均气温 9.5℃,年日照时数 2 372 h。试验年份的气象资料与常年相比,降雨量增加了 23 mm,无霜期、年平均气温、年日照时数均低于常年统计数据。试验地前茬为小麦,试验地为旱川地,土壤为黄绵土,地势平坦。

1.2 试验材料与试验设计

供试材料为甘肃省农业科学院作物所育成的早

熟谷子品种陇谷 7 号,设渗水地膜覆盖处理(T1)、普通地膜覆盖处理(T2)、露地处理(T3)3 个处理,随机区组设计,3 次重复,小区面积 43 m²(4.8 m×9 m)。试验于 7 月 2 日在小麦收获后的地块复种,试验用普通地膜厚度 0.008 mm,宽度 1.2 m,渗水地膜厚度 0.006 mm,宽度 1.2 m。渗水地膜和普通地膜每膜种植 5 行,用穴播机穴播,穴距 13 cm,每穴保苗 2 株;露地处理小区播种方式和留苗密度与地膜覆盖的一致。

1.3 测定项目及方法

土壤水分测定采用烘干法,在出苗期、抽穗期和成熟期采用三点式取样,分别测定 0~20、20~40、40~60 cm 耕层土壤水分;土壤温度在出苗期、抽穗期和成熟期采用地温仪分别测定 8:00、12:00、18:00 耕层 5、10、15、20、25 cm 的温度;记载生育时期,成熟后各处理每小区随机取样 10 株,参照《谷子种质资源描述规范和数据标准》^[18]分别对株高、主茎粗、主茎节数、主穗长、单株穗重、单株粒重、千粒重等性状进行室内考种,以 3 次重复平均值作为各处理性状指标的代表值;各处理小区单独收获、脱粒、记产。

1.4 数据处理与分析

数据整理采用 Excel,方差分析采用 DPS,多重比较采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同处理耕层土壤含水量的变化

表 1 是渗水地膜、普通地膜、露地 3 个覆盖处理分别在出苗期、抽穗期、成熟期不同耕层的土壤含水量。从表 1 可以看出,各处理不同生育期的各耕层土壤含水量有所不同,在出苗期、抽穗期、成熟期 0~60 cm 耕层的平均含水量,T1 比 T3 高 1.36%;分别比较 T1、T3 在出苗期、抽穗期、成熟期 0~20、20~40、40~60 cm 耕层的土壤含水量,均是 T1>T3;说明在此试验中,渗水地膜覆盖与露地相比,具有明显的蓄水、保墒作用。比较渗水地膜处理和普通地膜处理,在出苗期渗水地膜下 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 耕层的含水量分别为 15.1%、16.8%、16.9%,而普通地膜为 17.1%、17.2%、16.9%,T2>T1,但从两组数据来看,渗水地膜水分下渗、蓄水效果更好;在抽穗期,渗水地膜下 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 耕层的含水量分别为 8.1%、10.3%、12.7%,而普通地膜为 8.1%、9.3%、12.6%,在 0~20 cm 耕层 T1=T2,在 20~40 cm 和 40~60 cm 耕层都是 T1>T2;在成熟期,渗水地膜下 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 耕层的含水量分别为 7.4%、

9.6%、10.7%,而普通地膜为5.8%、6.3%、9.1%,均是T1 > T2,说明渗水地膜与普通地膜相比不仅水分下渗、蓄水效果更好,而且在降雨量较小、尤其为日降水较小的小雨时,通过微孔入渗能够接纳更多的雨水。比较T1、T2在出苗期、抽穗期、成熟期3个耕层含水量的变异系数,T1为30.14,T2为41.20,是T2 > T1,更加说明渗水地膜的保水、调节水分供给的效果优于普通地膜。

表1 各处理不同阶段耕层土壤含水量/%

Table 1 Soil moisture content at different depths by eight treatments

土层深度 Soil depth/cm	生育期 Growth stage	处理 Treatments			平均值 Average
		T1	T2	T3	
0~20	出苗期 Emergence	15.1	17.1	14.0	15.40
	抽穗期 Heading	8.1	8.1	6.7	7.63
	成熟期 Maturation	7.4	5.8	5.4	6.20
20~40	出苗期 Emergence	16.8	17.2	16.3	16.77
	抽穗期 Heading	10.3	9.3	9.3	9.63
	成熟期 Maturation	9.6	6.3	7.1	7.67
40~60	出苗期 Emergence	16.9	16.9	16.0	16.60
	抽穗期 Heading	12.7	12.6	12.4	12.57
	成熟期 Maturation	10.7	9.1	8.2	9.33
平均值 Average		11.96	11.38	10.60	11.31
标准差 SD		3.60	4.69	4.16	4.12
变异系数 CV		30.14	41.20	39.24	36.41

2.2 不同处理耕层土壤温度的变化

图1、图2、图3分别是谷子出苗期、抽穗期和成熟期3个处理不同耕层的土壤温度变化情况。从图1可以看出,在谷子出苗期,渗水地膜覆盖处理与露地处理相比,在8:00、12:00、18:00测定的膜下5、10、15、20、25 cm各土层平均温度,均是T1 > T3,说明渗水地膜覆盖具有提高土壤耕层温度的作用;再比较渗水地膜覆盖处理和普通地膜覆盖处理,在8:00、12:00、18:00测定的膜下5、10、15、20、25 cm各土层平均温度,均是T2 > T1,但是在12:00和18:00普通地膜下温度超过30℃时,T2、T1之间的差值明显增大,说明在温度较高时渗水地膜的微气孔张开,具有调温作用,使得渗水地膜覆盖下的地温在气温较高时明显低于普通地膜覆盖下的地温,这能起到保护作物根部的作用,有利于作物生长发育。

从图2可以看出,在谷子抽穗期,3个处理不同耕层、不同时间段测定的温度在20℃~30℃之间,均是T2 > T1 > T3,而且T1、T2之间的温差较小,说明渗水地膜和普通地膜在这里同样发挥了提高地温的作用。

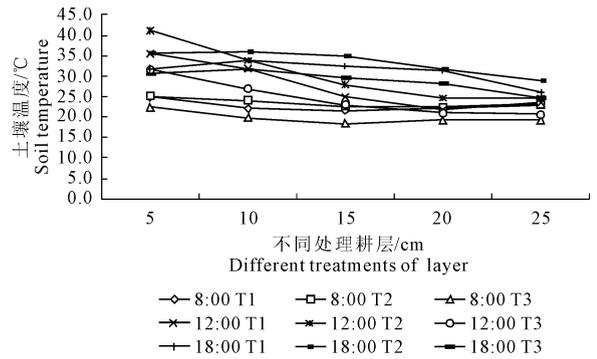


图1 出苗期不同处理耕层土壤温度变化

Fig.1 Soil temperature variation of different layer among treatments at seedling stage

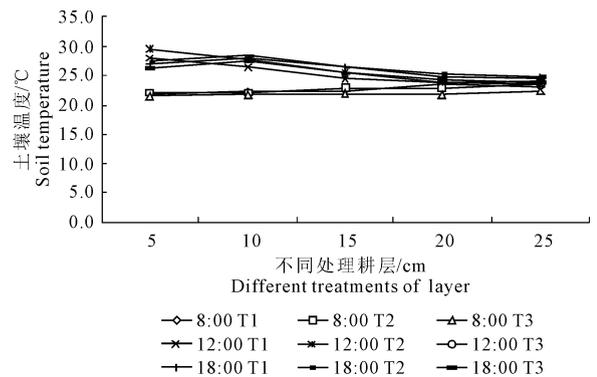


图2 抽穗期不同处理耕层土壤温度变化

Fig.2 Soil temperature variation of different layer among treatments at heading stage

从图3可以看出,在谷子成熟期,当温度比较低时,T1 > T2,例如8:00测定的5 cm耕层温度,T1为10.0℃、T2为9.1℃,10 cm耕层温度T1为10.7℃、T2为10.3℃;当温度 ≥ 15℃时,测定的耕层温度是T2 > T1,而且在谷子成熟期的不同耕层、不同时间段测定的温度均是T3最小,说明渗水地膜和普通地膜都具有提高地温的作用,而且渗水地膜在温度较低时提高地温的效果更优于普通地膜。

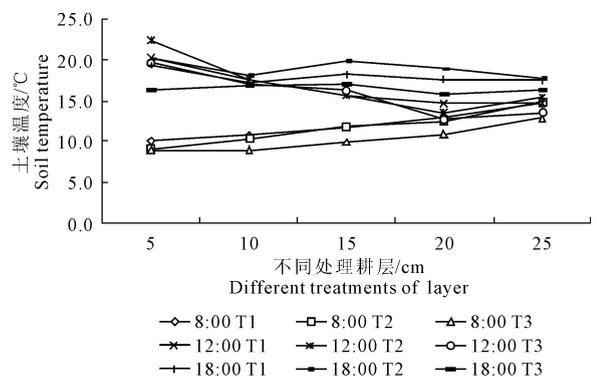


图3 成熟期不同处理耕层土壤温度变化

Fig.3 Soil temperature variation of different layer among treatments at maturation stage

2.3 不同处理对谷子生育期及农艺性状的影响

从表 3 可以看出,与露地种植相比,渗水地膜覆盖种植谷子成熟期提前 5 d,株高增加 23.26 cm,穗长增加 4.53 cm,株穗重增加 4.96 g,株粒重增加 4.14 g,方差分析表明以上各指标渗水地膜和露地处理间差异均达到显著水平,说明旱地谷子渗水地膜覆盖种植与露地相比具有明显缩短谷子生育期、

改善谷子农艺性状的作用;与普通地膜覆盖种植相比,渗水地膜覆盖种植谷子成熟期推后 3 d,穗长增长 2.62 cm,两性状之间差异达到显著水平,而株高、株穗重、株粒重、千粒重等指标均高于后者,但两者间差异均不显著,说明渗水地膜在改善谷子农艺性状方面效果更优于普通地膜。

表 2 各处理生育期及农艺性状多重比较

Table 2 The differences in period of duration and agronomical traits by various treatments

处理 Treatment	生育期/d Growth period	株高/cm Plant height	穗长/cm Main panicle length	株穗重/g Panicle weight per plant	株粒重/g Seed weight per plant	千粒重/g 1000-seed weight
T1	82 ± 0.58b	109.27 ± 0.45a	20.05 ± 1.15a	11.21 ± 1.01a	9.83 ± 0.91a	3.25 ± 0.08a
T2	79 ± 0.58c	106.57 ± 6.30a	17.43 ± 0.63b	9.35 ± 0.95a	8.14 ± 0.87a	3.20 ± 0.24a
T3	87 ± 0.58a	86.01 ± 5.70b	15.52 ± 0.76b	6.25 ± 0.91b	5.69 ± 0.55b	2.96 ± 0.08a

注:不同字母表示差异显著($P < 0.05$),数值为平均值 ± 标准差。

Note: Different letters mean significant difference at 0.05 probability level. Values are means ± SE.

2.4 不同处理对谷子产量的影响

从表 3 可以看出,谷子渗水地膜覆盖种植产量比露地提高了 1 095.755 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,增产 151.71%,产量差异达到极显著水平;比普通地膜覆盖种植产量增加 115.05 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,增产 6.75%,产量差异不显

著。说明旱地谷子利用渗水地膜覆盖种植和普通地膜覆盖种植与露地相比均具有极显著的增产作用,渗水地膜覆盖种植与普通地膜覆盖种植相比具有增产作用,但产量差异不显著。

表 3 不同处理间产量差异

Table 3 Yield differences by various treatments

处理 Treatment	小区产量 /($\text{kg} \cdot 43\text{m}^{-2}$) Yield per plot	公顷产量 /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield	比露地增产/% Increased yeild than CK	5%显著水平 0.05 level	1%显著水平 0.01 level
T1	7.85	1818.00	151.71	a	A
T2	7.36	1702.95	135.79	a	A
T3	3.12	722.25	—	b	B

3 结论与讨论

渗水地膜具有渗水、保水、增温、微通气等功能^[7]。张全发等^[11]研究指出:渗水地膜的主要功能之一是小雨可充分入渗,能最大限度地利用降水;渗水地膜具有微通透性,不仅可以使小雨及时入渗,而且当膜下温度增高时膜孔开张又具有调温作用。这种调节极端最高温度的作用是其它任何普通地膜所不及的;薛玉华^[18]研究表明:渗水地膜具有渗水性、保水性、调温性,在春季或气温较低的季节,渗水地膜与普通地膜有相似的保温增温效应,渗水地膜的膜下地温仅比普通地膜的低 1℃左右。在盛夏或高温季节(气温 35℃)时,渗水地膜下的地温明显低于普通地膜下的地温,且随气温的升高与普通地膜下的温差增大。这样,在低温季节利于作物生长。在

高温特别是极端高温季节或高温时刻由于比普通地膜的地温低,更能起到护根和促进作物生长的作用。徐澜等^[19]研究表明:渗水地膜覆盖旱作玉米能显著地改善土壤水、温条件,水分利用效率增加,最终表现为产量的增加。李开宇等^[20]研究表明:渗水地膜的增温、缓温效应,提高了土壤的温度,使土壤温度的变化幅度较小,在晴天中午其温度低于露地,避免根系受到高温危害;不同覆盖方式均能增加玉米产量,其中以渗水地膜覆盖增产效果最为明显。

本试验研究表明:(1)不同覆盖方式的谷子栽培试验土壤含水量存在一定的差异,渗水地膜和普通地膜与露地相比都具有蓄水保水的作用,但渗水地膜覆盖的土壤耕层平均含水量大于普通地膜的土壤耕层平均含水量。在谷子出苗期降雨量较大时,普通地膜通过侧渗,膜下含水量高于渗水地膜,在谷子

抽穗期和成熟期降雨量较小,尤其为日降水较小的小雨时,由于渗水地膜的小雨入渗作用,使得渗水地膜覆盖下的耕层含水量大于普通地膜覆盖下的耕层含水量。这一研究结论与张全发等^[11]、薛玉华^[18]等学者的研究结论一致。(2)与露地相比,渗水地膜和普通地膜覆盖都具有明显的增温和保温效果。当温度比较低时,渗水地膜下耕层温度高于普通地膜下温度;当温度在 15℃~30℃时,渗水地膜下耕层温度略低于普通地膜下耕层温度;当温度 > 30℃时,渗水地膜下耕层温度明显低于普通地膜下温度。说明渗水地膜和普通地膜都具有提高地温的作用,而且渗水地膜在温度较低时提高地温的效果更优于普通地膜,在温度较高时渗水地膜的微气孔张开,具有调温作用,使得渗水地膜下的温度明显低于普通地膜。这一研究结论也与张全发等^[11]、薛玉华等^[21]学者的研究结论一致。(3)渗水地膜覆盖处理和普通地膜处理与露地处理对比,具有缩短谷子生育期、改善谷子农艺性状、显著提高谷子产量的作用;渗水地膜覆盖处理谷子产量比普通地膜覆盖处理的谷子产量增产 6.75%。这一研究结论与徐澜等^[19]、李开宇等^[20]学者的研究结论一致。

本试验研究还表明:利用渗水地膜覆盖的谷子成熟期比普通地膜覆盖的推迟 3 d,这一结论与郭秀卿等^[17]、李开宇等^[20]研究结论有所不同,这可能与本试验是在麦后复种,生长季节主要 8—9 月份,与 4—7 月份相比,当季热量不足,谷子营养生长期渗水地膜覆盖下的耕层温度略低于普通地膜下温度有关,具体原因还需要进一步研究探讨。

参考文献:

- [1] 邹宇锋,山立.有限水资源条件下西北旱区农业发展途径[J].干旱地区农业研究,2014,32(2):257-263.
- [2] 张德奇,廖允成,贾志宽.旱区地膜覆盖技术的研究进展及发展前景[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):208-213.
- [3] 崔凯,高志强,孙敏,等.休闲期深翻覆盖对旱地小麦土壤

- 水分运行及产量与品质形成的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(2):78-84.
- [4] 殷海善,姚建民,杨瑞平.仿丰产沟渗水地膜覆盖栽培技术研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(1):9-13.
- [5] Vernon W R. Agriculture Environment & Health-Sustainable Development in the 21st Century[M]. University of Minnesota Press, USA, 1994.
- [6] 姚建民.渗水地膜研制及其应用[J].作物学报,2000,26(2):185-189.
- [7] 姚建民,殷海善.旱地小雨资源渗水地膜覆盖利用技术研究[J].水土保持研究,2000,7(4):36-37.
- [8] 徐澜,安伟,郝建平.渗水膜覆盖保墒效应研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2005,36(3):341-344.
- [9] 姚建民,王海存,殷海善.旱地冬小麦渗水地膜全覆膜穴播试验[J].山西农业科学,1998,26(1):7-10.
- [10] 殷海善,姚建民.渗水地膜覆盖玉米试验研究综述[J].水土保持研究,2000,7(4):47-48.
- [11] 张全发,殷海善.渗水地膜对土壤水分、温度及玉米产量的影响[J].中国农业气象,2002,23(3):46-48.
- [12] 崔福柱,郭秀卿,郝建平,等.渗水地膜覆盖对高粱生育期及产量的影响[J].山西农业科学,2007,35(8):59-61.
- [13] 杜天庆,郝建平,崔福柱,等.渗水地膜对土壤水分、温度及谷子产量的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2005,25(4):322-324.
- [14] 董孔军,杨天育,何继红,等.西北旱作区不同地膜覆盖种植方式对谷子生长发育的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(1):36-40.
- [15] 崔福柱,郭秀卿,郝建平,等.旱地谷子渗水地膜覆盖温度变化研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2008,28(2):172-175.
- [16] 崔福柱,郭秀卿,郝建平,等.旱地谷子渗水地膜覆盖周年水分变化研究[J].山西农业科学,2007,35(9):34-36.
- [17] 郭秀卿,崔福柱,郝建平,等.渗水地膜覆盖对旱地谷子生育时期及产量的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2012,32(2):107-111.
- [18] 薛玉华.渗水地膜知多少[J].北京农业,2010,(22):48.
- [19] 徐澜,安伟,郝建平.渗水地膜覆盖对旱作玉米生理特性、产量构成因素及产量的影响[J].干旱区资源与环境,2010,24(8):180-184.
- [20] 李开宇,李亚男,文凤,等.不同覆盖方式对辽西旱地玉米土壤温度和产量的影响[J].辽宁农业科学,2011(5):7-11.