文章编号:1000-7601(2017)03-0001-06 doi:10.7606/j.issn.1000-7601.2017.03.01

不同灌水水平下一膜两年覆盖的玉米农田土壤水分和经济效益分析

赵 财,陈桂平,柴 强,殷 文,刘 畅
(甘肃省干旱生境作物学重点实验室/甘肃农业大学农学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 以大田玉米为研究对象,在少耕地膜覆盖和不同灌水水平下,研究了一膜两年用地膜覆盖、秋免耕春覆膜和传统耕作覆膜对玉米农田土壤水分和产量的影响,以期为灌区玉米生产优化耕作措施、地膜再利用、提高水分利用效率提供理论依据。结果表明,一膜两年覆盖可显著提高播前农田 0~60 cm 土层土壤含水量和土壤贮水量(0~120 cm),一膜两年覆盖农田贮水量较传统耕作覆膜提高 13.31%,且处理间差异显著;在玉米生育期一膜两年用地膜覆盖可明显提高 0~30 cm 土层土壤含水量,一膜两年用较传统覆膜处理 0~30 cm 土层土壤含水量提高 7.67%,而不同处理对 30~120 cm 土层土壤含水量影响较小。高灌水水平下,一膜两年覆盖方式可达到与传统耕作覆膜方式相当的产量,在中、低灌水水平下高于传统覆膜处理,分别增产 2.40%和 16.39%,且在低灌水水平下 WUE 在不同覆膜方式处理间存在显著差异,一膜两年覆盖的 WUE 分别较秋免耕春覆膜和传统耕作覆膜高出 5.25%和 20.26%;此外,一膜两年覆盖方式可显著减少成本投入,产投比分别较秋免耕春覆膜和传统耕作覆膜提高 7.27%和 15.69%。说明一膜两年用地膜覆盖可显著提高播前和生育期 0~30 cm 的土壤含水量,在水分胁迫的低灌水水平下一膜两年用覆盖模式可减缓干旱胁迫,提高作物子粒产量和水分利用效率,降低成本投入,提高产投比,是适于西北绿洲灌区的覆膜农田管理新技术。

关键词: 玉米;一膜两年覆盖;灌水水平;水分利用效率;产投比;经济效益
中图分类号: S343.1; S513 **文献标志码:** A

Soil moisture and economic benefits of maize field by 2 years plastic film mulching under different irrigation levels

ZHAO Cai, CHEN Gui-ping, CHAI Qiang, YIN Wen, LIU Chang
(*Gansu Provincial Key Laboratory of Arid Land Crop Science, Faculty of Agronomy/ Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*)

Abstract: In order to provide the theory basis for optimal tillage measures, film mulching reuse and increasing water use efficiency of maize in oasis irrigation district, under different irrigation levels and minimal/no tillage with plastic film mulch, taking the maize field as the research object, the effect on soil water content and yield of maize by 2 years film mulching, no tillage in autumn and mulching in spring and traditional tillage plus mulching have been researched. The results showed that: before sowing the soil water content in 0 to 60 cm and soil water storage in 0 to 120 cm can be significantly increased by 2 years plastic film mulching treatment, compared with the traditional tillage plus mulch, the soil water storage can be increased 13.31%, also the difference between treatment was significant. In addition, the soil water content in 0 to 30 cm can be increased 7.67% during maize growing period, but the effect of different treatment to soil water content in 30 to 120 cm was less. Under high irrigation level, the crop yield by 2 years plastic film mulching can be reached same as the traditional tillage plus mulch, but it was high under middle and low irrigation level, the yields were increased 2.40% and 16.39% respectively. Also, the water use efficiency (WUE) was exsisted significant difference between each mulching treatment under low irrigation level, the WUE by 2 years film mulching was higher than 5.25% and 20.26% compared with no tillage in autumn and mulching in spring and traditional tillage plus mulching. In addition, the production cost by the mode of 2 years plastic film mulching can be significantly decreased, the input-out-

收稿日期:2016-04-12 **修回日期:**2017-04-05
基金项目:国家公益性行业项目(201503125);国家科技支撑计划项目(2012BAD14B10)
作者简介:赵 财(1978—),男,甘肃武威人,博士,助理研究员,研究方向为多熟种植和节水农业。E-mail: zhaoc@gsau.edu.cn。
通信作者:柴 强(1972—),男,甘肃武威人,教授,博士生导师,主要从事多熟种植、循环农业和节水农业研究。

put ratio was higher than 7.27% and 15.69% with no tillage in autumn and mulching in spring and traditional tillage plus mulching. This can be explained that: the soil water content in 0 to 30cm before seeding and during growth period can be significantly increased by the mode of 2 years plastic film mulching, under low irrigation level as water stress, the drought water stress can be moderated, increased crop grain yield, WUE and the ratio of input and output, decreased the production cost by the mode of 2 years plastic film mulching. So it was a new management technique for the oasis irrigation district in northwest region of China.

Keywords: maize; 2 years plastic film mulch; irrigation level; water use efficiency; ratio of input and output; economic benefits

地膜覆盖技术可有效抑制农田水分蒸发,保持土壤水分,促进作物对深层土壤水分的利用。利用地膜的不透气和不透水性,切断了土壤水分同近地层空气中水分的交换通道,有效地阻止了土壤水分的蒸发,并有效地促进了土壤-作物水分的良性循环,提高了降水在土壤中的保蓄率。研究表明,地膜覆盖能够提高水分的有效性和利用效率,从而达到增产的效果。一般情况下,地膜覆盖可显著提高0~60 cm土层的土壤含水量[1-2],可使粮食作物增产20%~35%[3]。覆膜栽培技术增产的主要原因是提高了玉米穗粒数和百粒重,有助于玉米单株干物质的积累,但降低了单株成穗数[4]。旱地玉米采用秋覆膜栽培可显著提高土壤蓄水效率和作物水分利用效率,秋覆膜春播玉米播前1 m土层多贮水36.7 mm,土壤蓄水效率为78.4%,产量和水分利用效率(WUE)较春季地膜覆盖分别提高16.7%、14.9%[5];旱地小麦采用秋覆膜栽培的平均产量又略高于春覆膜[6]。免耕具有显著的水土保持效应和作物增产效应已被大量研究所证实[7-8]。这说明地膜覆盖和免耕在提高农田土壤含水量,提高水分的有效性和利用效率方面已形成了成熟的技术体系,但这些研究都建立在单一的技术基础上,如何使地膜覆盖和免耕技术的优点结合,实现水分的耦合效应,进一步提高水分利用效率需要我们进行更深层次的研究。

本文针对绿洲灌区目前存在的"无膜不植"造成严重的地膜污染[9-10]和休闲季耕地深松翻耕造成休闲期土壤水分大量蒸发损失等问题[11],利用地膜覆盖抑制蒸发的功能和少免耕技术增强土壤的保墒储水能力、减少休闲期农田水分的蒸发损失,提出了一膜两年用覆盖技术和秋免耕秋覆膜技术,此技术是将休闲期地膜覆盖和少免耕技术有机结合,研究在有限供水条件下一膜两年用农田水分变化和不同种植模式农田土壤水分的空间、时间规律,对于绿洲灌区玉米节水高效生产技术具有十分重要的理论意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

本研究在甘肃农业大学绿洲农业科研教学基地(103°5′E,37°30′N)进行。试验区位于河西走廊东端的武威市凉州区黄羊镇,属寒温带干旱气候区,海拔1 506 m,无霜期约155 d,多年平均降雨量156 mm,年蒸发量约2 400 mm,干燥度5.85,年平均气温7.2℃,≥0℃和≥10℃的积温分别为3 513.4℃和2 985.4℃;日照时数2 945 h。试验期间试验区日均温17.85℃,有效降雨量241.7 mm,高于多年平均降雨量(见图1)。

1.2 试验设计

试验设3种覆膜耕作方式:传统耕作覆膜,秋免耕春覆膜,一膜两年覆盖;3个灌水梯度:灌溉定额分别为5 700 $m^3 \cdot hm^{-2}$,6 450 $m^3 \cdot hm^{-2}$,7 200 $m^3 \cdot hm^{-2}$;灌溉制度根据玉米生育时期制定。共9个处理,重复3次,田间随机排列。玉米种植采用平作全膜覆盖,灌溉方式为小畦灌。不同处理代码(表1)及灌溉制度见表2。

施肥制度:不同处理的总施氮水平一致,为300 $kg \cdot hm^{-2}$,基肥施总氮量的10%;追肥按照玉米生育时期进行,玉米拔节期(六叶期)第一次追肥为总施氮量的20%;第二次大喇叭口期(十叶期)追肥,为总施氮量的50%;第三次于玉米开花后10 d追肥,施用对应剩余的氮肥量。磷肥按照N∶P为1∶0.75的比例全部作为基肥施用。

1.3 茬口处理

试验在2013年和2014年进行,其中2013年为预备试验,大田玉米灌水、施肥等田间管理措施保持一致。玉米(*Zea mayz* L.)品种为"先玉335"。2014年玉米播种日期为4月25日,收获日期为10月1日。

按照试验设计,一膜两年覆盖处理和秋免耕春覆膜处理小区在2013年玉米收获后免耕,保持地膜的完整度在70%以上;而传统耕作处理为玉米收获后进行残膜回收并深翻耕。2014年春季,秋免耕春覆膜处理将旧膜揭去后进行旋耕覆膜,传统覆膜处理进行旋耕耙磨后覆膜。试验指标的测定在2014年进行。

1.4 测定指标及计算方法

1.4.1 土壤含水量 土壤含水量使用土钻与中子

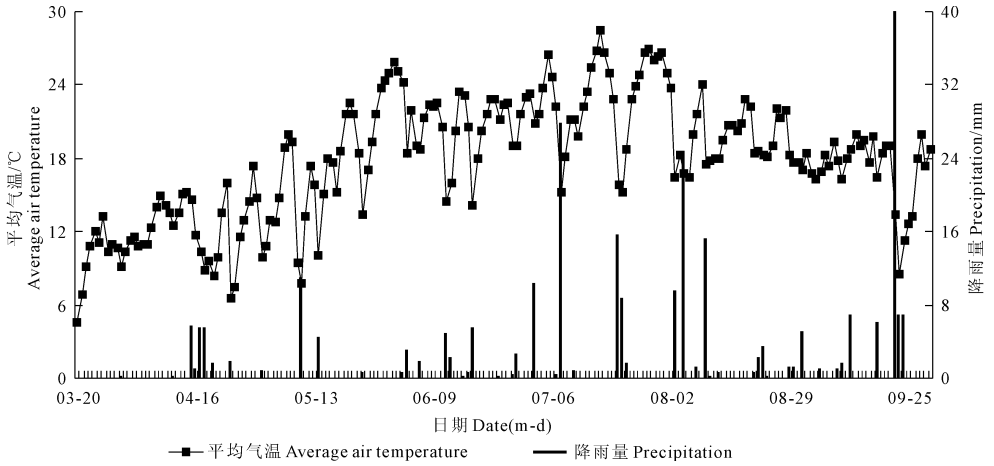

图 1　作物生长期间试验区日均温及降雨量

Fig.1　The daily mean temperature and precipitation during crop growing period in experimental area

表 1　不同覆盖处理设计和实施方法

Table 1　The different mulch treatment design and implement method

处理 Treatment	说明 Explanation
传统耕作覆膜 Conventional mulching tillage(CT)	2013 前茬收获后深翻耕,2014 年春天播前耙磨覆膜 Turned the soil after the harvest in 2013, film mulching before seeding in the spring of 2014
秋免耕春覆膜 No tillage in fall and mulching in spring(RT)	2013 前茬种植收获后免耕,2014 年播前揭去玉米带旧膜,旋耕覆膜 No tillage after the harvest in 2013, uncovered the old film, mulching the new plastic film before seeding in the spring of 2014
一膜两年覆盖 2 years plastic film mulch(NT)	2013 前茬收获后免耕,2014 年直接在旧膜上播种玉米 No tillage after the harvest in 2013, seeding on old film in the spring of 2014

表 2　不同灌水水平的灌溉制度

Table 2　The irrigation schedule for different irrigation levels

灌水水平 Irrigation level	灌溉定额 Irrigation quotas/($m^3 \cdot hm^{-2}$)					总灌溉定额 Total irrigation quotas /($m^3 \cdot hm^{-2}$)
	冬储灌 Winter irrigation	拔节期 Jointing	大喇叭口期 Bell mouth	开花期 Flowering	灌浆期 Filling	
I_1	1800	1050	975	975	900	5700
I_2	1800	1275	1125	1125	1125	6450
I_3	1800	1350	1350	1350	1350	7200

水分仪测定。每 20 d 测定一次,播前、收获后及灌水前、灌水后加测,测定土层深度为 120 cm。测定时,前 30 cm 用土钻人工取土,10 cm 一分层。30 ~ 120 cm 用水分中子仪(美国 CPN 公司 503DR)测定,铝管装于带型中央。

1.4.2　土壤贮水量　0 ~ 120 cm 土壤贮水量 (Soil water storage, SWS, mm) 使用如下公式进行计算:

$$SWS = 10 \times h \times a \times \theta \quad (1)$$

式中,h 代表土壤深度(cm),a 代表土壤容重($g \cdot cm^{-3}$),θ 代表土壤体积含水量($cm^3 \cdot cm^{-3}$)。

1.4.3　作物耗水量(ET)　耗水量 = (播前土壤贮水量 - 收获后土壤贮水量) + 生育期降水量 + 灌水量(本试验设计的灌水量相对较小,加之试验期间降水稀少,故渗漏量可忽略不计;试验区地下水埋深在 30 m 以下,因此也未考虑地下上升水的影响)。其公式为:

$$ET = P + I + S_1 - S_2 \quad (2)$$

式中,P 为生育期降水量(mm);I 为生育期灌水量(mm);S_1 为播种期土壤贮水量(mm),S_2 为收获期土壤贮水量(mm)。

1.4.4　产量及产量构成因素　每小区取样 10 株考种,测定其株高、穗长、穗粒数、行粒数、百粒重等产量性状,以试验小区为单位,单打单收,自然风干后测定各自产量。

1.4.5　作物水分利用效率(WUE)

$$WUE = Y/ET \quad (3)$$

式中,Y 为作物子粒产量($kg \cdot hm^{-2}$);ET 为作物全生育期内总耗水量(mm)。

1.5 数据统计

试验数据采用 Excel 2007 进行整理汇总,用 SPSS 17.0 进行显著性检验(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 一膜两年覆盖对农田播前土壤含水量和贮水量的影响

如图 2 所示,在冬储灌相同的情况下,与传统耕作覆膜(CT)技术相比,一膜两年用地膜覆盖(NT)和秋免耕春覆膜(RT)技术都显著提高了播前土壤含水量,0 ~ 60 cm 土层平均土壤含水量 NT 和 RT 较 CT 处理分别高出 14.31%和 4.69%;同时,一膜两年覆盖处理 0 ~ 120 cm 土层土壤贮水量也显著高于传统耕作处理,NT 处理农田贮水量分别高出 RT 和 CT 处理 4.44%和 13.31%,其中 NT 与 CT 处理间差异显著;RT 较 CT 高出 8.49%,但差异不显著(图 3)。说明在冬储灌灌水量相同的条件下,休闲期地膜覆盖可有效抑制农田水分的蒸发损失,提高农田土壤含水量和贮水量,尤其是 0 ~ 60 cm 土层的土壤含水量。

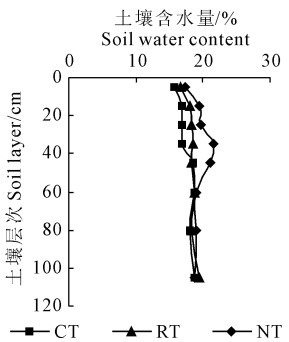

图 2 播前土壤含水量

Fig.2 Soil water content before sowing

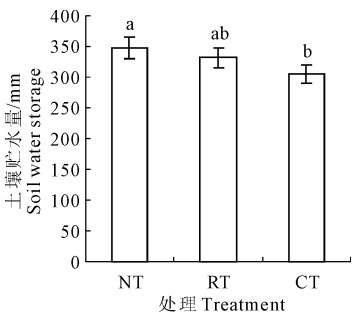

图 3 播前土壤贮水量

Fig.3 Soil water storage before sowing

2.2 一膜两年覆盖对不同层次水分动态变化的影响

2.2.1 0 ~ 30 cm 土层土壤水分动态变化 不同覆膜方式下不同种植模式作物农田 0 ~ 30 cm 土层土壤水分动态变化如图 4 所示。一膜两年用地膜覆盖全生育期土壤含水量与传统覆膜和秋免耕春覆膜处理空间变化趋势基本一致,但在不同生育时期有所不同,在玉米大喇叭口期(7 月 1 日)以前一膜两年用地膜覆盖 0 ~ 30 cm 土层土壤含水量在同一灌水水平下明显高于传统地膜覆盖,此后土壤含水量在相同灌水水平间无明显差异,全生育期一膜两年用地膜覆盖 0 ~ 30 cm 土层土壤含水量较秋免耕春覆膜处理和传统覆膜处理分别高出 3.32%和 7.67%。但在不同灌水梯度下 0 ~ 30 cm 土层土壤含水量存在显著差异。NTI_3 全生育期平均土壤含水量较中灌水处理 NTI_2 和低灌水处理 NTI_1 分别高出10.11%和 30.29%。RTI_3 全生育期平均土壤含水率较中灌水处理 RTI_2 和低灌水处理 RTI_1 分别高出 8.91%和 27.74%。CTI_3 全生育期平均土壤含水量较中灌水处理 CTI_2 和低灌水处理 CTI_1 分别高出 4.26%和 19.73%。

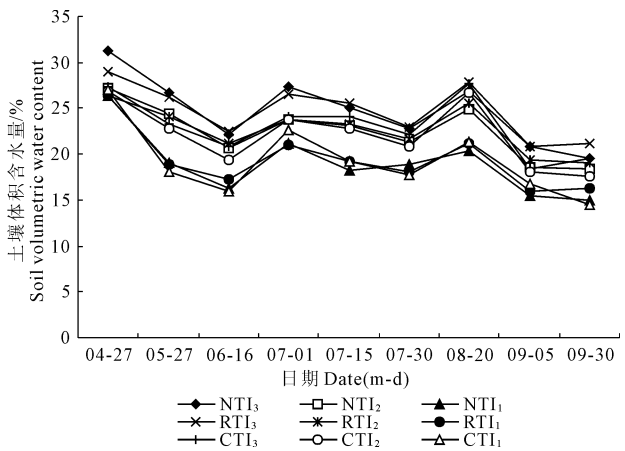

图 4 玉米全生育期 0 ~ 30 cm 土层土壤含水量动态变化图

Fig.4 The dynamic change chart of soil water content in 0 to 30cm during whole growing period of maize

2.2.2 30 ~ 120 cm 土层土壤水分动态变化 不同覆膜方式下不同种植模式作物农田 30 ~ 120 cm 土层土壤水分动态变化如图 5 所示。一膜两年用地膜覆盖 30 ~ 120 cm 土层土壤含水量与传统覆膜和秋免耕春覆膜处理空间变化趋势基本一致,但相较 0 ~ 30 cm 土层土壤含水量变异幅度较小,且在灌水水平间存在显著差异。30 ~ 120 cm 土层土壤含水量在相同灌水水平下覆膜方式间无明显差异,但在不同覆膜方式下灌水水平间存在显著差异。三种覆膜方式下都表现为高、中灌水水平间无显著差异,但高、中灌水处理与低灌水处理间差异显著;NTI_3 和 NTI_2 处理分别较低灌水处理 NTI_1 高出 5.11%和 14.79%;RTI_3 和 RTI_2 土壤含水量较低灌水处理 RTI_1 分别高出 6.98%和 16.70%;CTI_3 和 CTI_2 土壤含水量较 CTI_1 分别高出 4.89%和 13.95%。

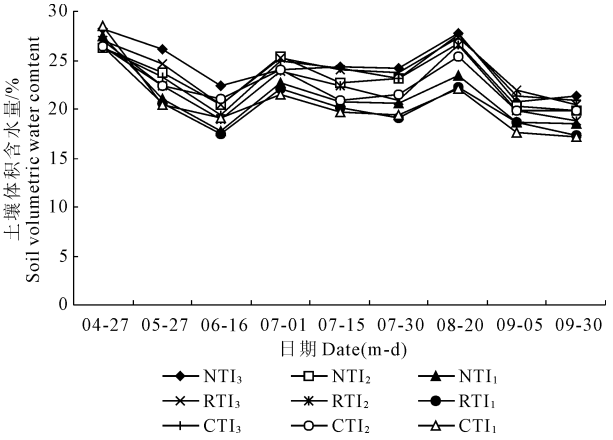

图 5　玉米全生育期 30 ~ 120 cm 土层土壤含水量动态变化

Fig.5　The dynamic change of soil water content in 30 to 120cm during whole growing period of maize

2.3　一膜两年覆盖对玉米产量和水分利用效率的影响

一膜两年覆盖方式可达到与传统耕作覆膜方式相当的产量,且在中、低灌水水平下高于传统覆膜处理;一膜两年用覆膜方式下高、中灌水玉米产量分别达到了 15 201.49 kg·hm^{-2}和 15 031.16 kg·hm^{-2},分别较低灌水水平高出 14.58%和 13.30%;在同一灌水水平下,NTI_2 处理较 CTI_2 处理的玉米产量高出 2.40%,NTI_1 处理较 CTI_1 处理的玉米产量提高 16.39%。一膜两年覆盖方式下,高、中灌水处理的 WUE 分别较低灌水处理提高 8.48%和 11.51%,秋免耕春覆膜方式下高、中灌水处理的 WUE 分别较低灌水处理提高 5.64%和 18.64%,传统覆膜方式下高、中灌水处理的 WUE 分别较低灌水处理提高 2.75%和 3.28%;此外,在低灌水水平下 WUE 在不同覆膜方式处理间存在显著差异,NTI_1、RTI_1 和 CTI_1 间有明显差异,NTI_1 处理的水分利用效率分别较 RTI_1 和 CTI_1 高出 5.25%和 20.26%(见表 3)。说明一膜两年覆盖与传统覆膜方式一样有利于产量的形成,且在水分亏缺时可缓解干旱胁迫对作物产量形成的影响。

2.4　一膜两年覆盖对产值及产投比的影响

如表 4 所示,一膜两年覆盖方式可显著减少投入资金,包括生产性投入和非生产性投入两方面,从而优化了该方式的经济效益,使纯收益有所提高,产投比增大。一膜两年用处理较旋耕覆膜和传统耕作覆膜方式的产投比分别提高 7.27%和 15.69%;一膜两年用覆盖方式大大减少了机械投入、人工投入和地膜投入,有效地降低了投入成本,提高了产投比。同时旋耕覆膜处理也减少了机械投入和人工投入,较传统的耕作覆膜相比同样提高了产投比。同时,研究得出灌水水平是影响产投比的重要因素,低灌水水平由于其产出低,降低了其产投比。

3　讨论与结论

绿洲灌区由于水资源紧缺,加之降雨量少,而蒸发强烈,致使农田土壤水分保蓄能力差,水分利用效率低。地膜覆盖增温保墒的效应国内外已做了大量的试验研究,地膜覆盖可明显提高 0 ~ 10 cm 土层的土壤含水量,特别对 0 ~ 60 cm 的保墒作用显著[12-13]。同时,研究表明秋季覆膜较播前覆膜有较好的保水贮水效果;秋覆膜和顶凌覆膜全膜双垄沟播玉米农田 0 ~ 100 cm 土层土壤平均含水量较播前覆膜分别提高 2.7%和 1.5%,土壤贮水量分别增加 245 ~ 501 mm·hm^{-2}和 138 ~ 317 mm·hm^{-2}[14]。本研究表明,一膜两年覆盖可有效提高播前 0 ~ 60 cm 土层的土壤含水量,较传统覆膜方式高出 12.60%,且 0 ~ 120 cm 土层土壤贮水量高出传统耕作处理 13.31%。说明一膜两年覆盖可显著提高播前土壤含水量和贮水量。本研究同时表明,上层土壤(0 ~

表 3　不同处理下作物产量和水分利用效率

Table 3　The crop yield and water use efficiency under different treatment

处理 Treatment	播前贮水量 Soil water storage before sowing/mm	收获期贮水量 Soil water storage in harvesting/mm	生育期灌水量 Irrigation amount /mm	生育期降雨量 Rainfall /mm	生育期耗水量 Total water consumption /mm	产量 Yield /(kg·hm^{-2})	水分利用效率 WUE /(kg·hm^{-2}·mm^{-1})
NTI_3	346.65	270.07	540	241.7	858.28	15201.49 a	17.61 a
NTI_2	346.65	230.11	465	241.7	823.24	15031.16 a	17.89 a
NTI_1	346.65	230.78	390	241.7	747.57	13266.97 b	17.75 a
RTI_3	331.90	250.83	540	241.7	862.77	15215.29 a	17.64 a
RTI_2	331.90	217.67	465	241.7	820.93	14750.50 ab	17.97 a
RTI_1	331.90	199.08	390	241.7	764.52	12892.64 bc	16.86 b
CTI_3	305.93	226.93	540	241.7	860.70	15220.88 a	17.68 a
CTI_2	305.93	194.85	465	241.7	817.78	14679.01 ab	17.95 a
CTI_1	305.93	165.29	390	241.7	772.34	11398.54 c	14.76 c

注:表中同列不同小写字母代表处理间达 5%显著水平,下同。

Note: The small letters in same column means significant difference at 0.05 level, the same as below.

表4 不同处理的产投比/(元·hm^{-2})

Table 4 The ratio of output and input for different treatments

处理 Treatment	产值 Output	总产值 Total output	总投入 Total input	纯收益 Net benefits	产投比 Ratio of outputs and inputs
NTI_3	36138.61	36138.61	19522	16616.61	1.85 a
NTI_2	35112.88	35112.88	19297	15815.88	1.82 a
NTI_1	31463.20	31463.20	19072	12391.20	1.65 bc
RTI_3	36106.21	36106.21	20910	15196.21	1.73 b
RTI_2	35149.83	35149.83	20685	14464.83	1.70 b
RTI_1	30878.44	30878.44	20460	10418.44	1.51 d
CTI_3	36129.26	36129.26	21660	14469.26	1.67 bc
CTI_2	34968.21	34968.21	21435	13533.21	1.63 bc
CTI_1	27331.16	27331.16	21210	6121.16	1.29 e

30 cm)由于受到蒸散、作物生长、降雨及农事操作的影响,土壤含水量差异大、变化剧烈;中层和下层土壤(30 ~ 120 cm)变化差异不明显,主要受灌水水平的影响。一膜两年用较传统覆膜处理0 ~ 30 cm土层土壤含水率提高7.67%;一膜两年用地膜覆盖技术是地膜覆盖和免耕技术的有机结合,土壤水分除受地膜覆盖的影响外,免耕较传统耕作也可提高耕层土壤含水量[6,15]。

此外,地膜覆盖增加作物产量、提高水分利用效率已被大量研究所证明[16-18]。本研究中,一膜两年用玉米产量在高灌水水平下与传统覆膜方式相当,而在中低灌水水平下高于传统覆膜方式;且水分利用效率最高的三个处理都为中灌水水平处理;而在低灌水水平下,与传统覆膜方式相比单作玉米水分利用效率提高20.26%。说明中灌水水平间作模式可充分利用有限的土壤水分,又促进作物形成高产,而在低灌水水平下使用一膜两年用覆盖模式可减缓干旱胁迫,提高作物的水分利用效率。此外,一膜两年用覆盖方式大大减少了机械投入、人工投入和地膜投入,有效地降低了投入成本,提高了产投比,一膜两年用处理较旋耕覆膜和传统耕作覆膜方式的产投比分别提高12.14%和33.53%。张雷、余秀珍等人的研究表明一膜两年覆盖模式既可增加作物产量,又可显著提高产投比[19-20],与本文的研究结果相一致。这说明一膜两年用地膜覆盖在限量灌水条件下较传统覆膜方式可以获得较高的水分利用效率和经济效益,对于绿洲灌区玉米节水、高效、可持续生产具有十分重要的意义。

参 考 文 献:

[1] 李建奇.覆膜对春玉米土壤温度、水分的影响机理研究[J].耕作与栽培,2006,(5):47-50.

[2] Liu E K, Yan C R, Mei X R, et al. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China[J]. Geoderma, 2010,158:173-180.

[3] 严昌荣,何文清,梅旭荣,等.农用地膜的应用与污染防治[M].北京:科学出版社,2010.

[4] 高玉红,郭丽琢,牛俊义,等.栽培方式对玉米根系生长及水分利用效率的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(2):210-216.

[5] 王 勇,宋尚有,樊廷录,等.黄土高原旱地秋覆膜及氮肥秋基春追比例对春玉米产量和品质的影响[J].中国农业科学,2012,(3):460-470.

[6] 张淑芳.小麦地膜覆盖对土壤水分和温度的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2010.

[7] 余海英,彭文英,马 秀,等.免耕对北方旱作玉米土壤水分及物理性质的影响[J]. 应用生态学报,2011,(1):99-104.

[8] 李玲玲,黄高宝,张仁陟,等.免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J].水土保持学报,2005,(5):96-98.

[9] 严昌荣,刘恩科,舒 帆,等.我国地膜覆盖和残留污染特点与防控技术[J].农业资源与环境学报,2014,31(2):95-102.

[10] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等.农用地膜残留污染的现状与治理[J].农业工程学报,2006,22(11):269-272.

[11] 杨海迪,海江波,贾志宽,等.不同地膜周年覆盖对冬小麦土壤水分及利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):27-34.

[12] 张永涛,汤天明,李增印.地膜覆盖的水分生理生态效应[J].水土保持研究,2001,8(3):45-47.

[13] 胡 芬,陈尚谟.旱地玉米农田地膜覆盖的水分调控效应研究[J].中国农业气象,2000,21(4):14-17.

[14] 张军钱.旱地全膜双垄沟播玉米适宜地膜覆盖时间研究[J].水土保持通报,2009,29(4):220-223.

[15] 张海林,陈 阜,秦耀东,等.覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究[J].农业工程学报,2002,18(2):36-40.

[16] 葛均筑,李淑娅,钟新月,等.施氮量与地膜覆盖对长江中游春玉米产量性能及氮肥利用效率的影响[J].作物学报,2014,(6):1081-1092.

[17] 李建奇.地膜覆盖对春玉米产量、品质的影响机理研究[J].玉米科学,2008,(5):87-92.

[18] 王喜庆,李生秀,高亚军.地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响[J].作物学报,1998,(3):348-353.

[19] 张 雷,牛建彪,张成荣,等.旱地玉米双垄全膜覆盖“一膜用两年”免耕栽培模式研究[J].干旱地区农业研究,2007,(2):8-11.

[20] 余秀珍,杨培军,杨勃兴.旱地食用向日葵双垄全膜覆盖“一膜两年用”免耕栽培模式效益研究[J].宁夏农林科技,2013,(6):149-151.