不同时期覆膜对辽西旱地农田土壤墒情及春玉米产量的影响

信东旭，张玉龙*，黄　毅，张玉玲，张哲元，崔　宁，宋　文，陈富强
（沈阳农业大学土地与环境学院，辽宁省农业资源与环境重点实验室，辽宁 沈阳 110161）

摘　要：为比较秋季覆膜与春季覆膜的保墒增产效果，在辽宁西部的建平县坡耕地上布置试验，对春季覆膜、秋季覆膜旱地农田土壤墒情及春玉米产量差异进行了比较研究。结果表明：与不覆膜相比，春季覆膜、秋季覆膜处理春播前 0～15 cm 土层土壤墒情增加；秋季覆膜、春季覆膜和未覆膜（对照）处理产量分别为 5 814.6 kg/hm^2、4 997.33 kg/hm^2 和 4 069.46 kg/hm^2，秋季覆膜、春季覆膜比对照增产 30.01% 和 18.57%，水分利用效率提高了 18.45% 和 29.43%。

关键词：玉米；地膜覆盖；覆膜时期；土壤含水量；水分利用效率；产量
中图分类号：S152.7$^+$5　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-7601(2009)06-0114-05

近年来，地膜覆盖栽培技术得到了广泛推广和应用，在旱作农业生产中发挥了重要作用，获得了良好的经济效益，已成为旱作农业区实现粮食高产的主要技术措施之一[1～6]。已有试验结果表明，在冬季、春季降水较少的干旱、半干旱地区，旱田秋季覆膜具有明显的蓄水保墒功能，这一措施可使深 1.0 m 左右的土层贮水数量明显增加[7]。辽宁省朝阳市建平地区水资源匮乏，多年平均年降水量为 450 mm 左右，降水量年际变化较大，小于 300 mm 的年份约占 5%；且降水年内分配不均，5～9 月降雨量占全年降水量的 88% 以上[8]。由于该旱作区冬季、春季降水量很小，对改善当地土壤墒情的作用有限，春季干旱是制约该区农业生产的主要因素；虽然覆膜栽培已经在当地广为应用，但由于春季干旱、无水可保，保墒效果大多不佳。为了解决该地区春旱播种难、出苗率低这一农业生产中的关键问题，本文以“保蓄秋墒、秋雨春用”为目标，设计了秋季覆膜保墒、春季适时播种用墒的高效旱作节水栽培技术模式[9]，以田间小区对比试验对不同时期覆膜保墒效果进行研究，以期通过评价这一旱作节水栽培技术模式，为当地旱作节水高产栽培提供理论依据和技术支撑。

1　材料与方法

1.1　试验区概况及供试土壤

试验在辽宁省朝阳市建平县进行。建平县的地理坐标为东经 119°10′～120°2′，北纬 41°17′～42°22′，西、北、东三面分别与内蒙古自治区的宁城县、喀喇沁旗、赤峰县、敖汉旗接壤，东南部、南部、西南部分别与辽宁省的朝阳县、喀左县、凌源县相邻。试验区位于建平县中部，属于北温带大陆性半干旱半湿润季风气候，位于其南部的松岭山脉阻挡海洋暖温湿润气流，西部和北部背靠内蒙古高原，每年秋、冬和春季干冷空气侵入，致使当地四季分明、光照充足、昼夜温差大，降水偏少。试验区所在地平均年降水量 400 mm 左右，年蒸发量超过 1 800 mm，蒸发量约为降雨量的 4 倍，多年平均气温为 7.9℃，≥0℃ 积温为 3 768℃，无霜期 130 d 左右，年日照时数 2 894 h，光辐射总量 589.38 kJ/m^2。试验区土壤为褐土，试验布置在坡度为 2° 左右的坡耕地上，0～40 cm 土层土壤基本性状见表 1；试验期间月降雨量如图 1 所示，在当地具有较好代表性。

1.2　试验设计与试验方法

试验共设 3 个处理，分别为春季顶凌覆膜（SM，简称春季覆膜）、秋季整地覆膜（AM，简称秋季覆膜）和不覆膜（CK，传统等雨播种）。每个试验小区面积 96 m^2（12 m×8 m），设 3 次重复，小区随机排列。

供试作物为玉米，品种为丹玉 90，为当地常用品种。采用大垄双行、种 2 垄空 1 垄的方式种植；即在大垄双行的中间，用犁破开垄台同时施入总量 1/2 的基肥；然后用犁破开两条边垄的垄台，在两垄中间

收稿日期：2009-05-08
基金项目：辽宁省重大农业攻关项目（2006215005）；辽宁省教育厅资助项目（05L386）；辽宁省教育厅创新团队资助项目（2007T156）
作者简介：信东旭（1984－），男，内蒙古通辽人，硕士研究生，主要从事土壤改良及农业节水方面的研究。E-mail：xinbailin006@163.com。
* **通讯作者**：张玉龙（1954－），男，教授，博士生导师，主要从事土壤改良及旱作农业方面的研究。E-mail：ylzsau@163.com。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　供试土壤基本性状

Table 1　Properties of test soil in the experiment

土层深度 Depth (cm)	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	全磷 Total P (g/kg)	全钾 Total K (g/kg)	碱解氮 Available N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)
0～10	17.58	1.32	0.32	21.52	76.90	7.96	151.50
10～20	16.22	1.29	0.29	22.57	64.52	0.74	108.60
20～30	15.34	1.10	0.25	21.53	53.04	0.23	101.02
30～40	15.12	1.02	0.25	22.08	55.69	0.11	98.72

成垄,同时在破开的两条边垄的垄沟里分别施入总量 1/4 的基肥,之后合成新垄;最后覆膜,使膜紧贴地面,膜上盖 2～3 cm 厚的细土封严;种植玉米的双行垄台宽 1.0 m,不种玉米的空行垄台宽 0.5 m(图 2)。秋季覆膜小区和春季覆膜小区分别于 2007 年 10 月 13 日和 2008 年 3 月 17 日覆膜,覆膜时施入肥料作底肥,对照处理小区底肥在播种时施入。各处理施用肥料种类和用量相同,均为玉米专用肥($N:P_2O_5:K_2O=18:15:18$) 375 kg/hm^2,鸡粪 1 200 kg/hm^2。2008 年 4 月 27 日播种,其后的田间管理按照当地常规方法进行;2008 年 10 月 14 日收获,收获时按小区计产,单打单收。

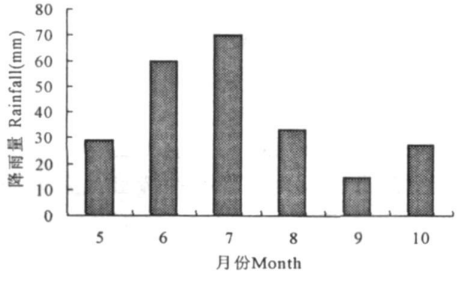

图 1　春玉米生育期月降雨量分布

Fig.1　Distribution of rainfall during growth stages of spring maize

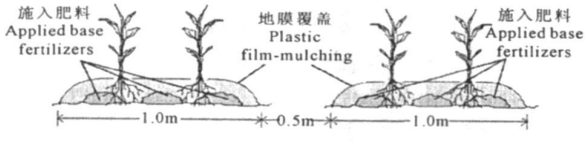

图 2　大垄双行种植模式

Fig.2　Double-line at one ridge width mode

分别于春播前(2008 年 4 月 25 日)和收获后(2008 年 10 月 15 日)使用便携式土壤测墒仪(FDR)测定土壤水分含量(测量精度±1%),测定深度为 0～5、5～10、10～15、15～20、20～25、25～30、30～35、35～40 cm。然后,根据下列公式计算出不同处理方式下春玉米水分利用效率[10,11]。

土壤储水量表达式为:$Sw=d\times r\times w/10$,式中 Sw 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)

土壤水分利用率 WUE[kg/(mm·hm^2)]=玉米籽粒产量(kg/hm^2)/耗水量(mm)

采用 Excel 和 DPS 统计分析软件对试验所得的数据进行方差分析和多重比较。

2　结果与分析

2.1　不同时期覆膜对春播前、收获后土壤含水量的影响

春播前(2008 年 4 月 25 日)和收获后(2008 年 10 月 15 日)试验区各处理 0～40 cm 土层土壤体积含水量测定结果列于表 2。对春播前同一层次不同处理土壤含水量进行方差分析,结果为 0～5 cm 土层秋季覆膜处理与对照差异极显著,与春季覆膜处理差异达到 5%显著水平;而春季覆膜处理与对照之间的差异达 5%显著水平。5～10 cm 土层秋季覆膜处理与对照间差异极显著,与春季覆膜处理差异显著,春季覆膜处理与对照差异极显著。10～15 cm 土层秋季覆膜处理与对照间差异显著,与春季覆膜间差异不显著,春季覆膜与对照相比差异不显著。15～40 cm 土层各处理土壤含水量均无显著差异。可见,春季覆膜和秋季覆膜调控措施对春季播种前 0～15 cm 土层土壤含水量影响较大,对 15～40 cm 土层土壤含水量影响较小,说明两种覆膜措施均能有效地改善辽西旱作地区春播前耕层土壤水分条件,但春季覆膜改善效果不及秋季覆膜效果明显,秋季覆膜能有效地解决因春旱严重而不能适时播种或者播种后出苗不齐的问题。收获后各处理不同层次土壤含水量差异均不显著,造成这种现象的原因可能是由于试验区 8 月、9 月遭遇严重干旱,降雨量偏少(两个月共降雨 48.2 mm)所致。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表2 不同处理下春玉米播种前、收获后0～40 cm土层土壤体积含水量

Table 2 Soil water content before sowing and after harvesting under different treatments in 0～40 cm soil layer

土层深度 Depth (cm)	春播前土壤含水量(%) Soil water content before sowing			收获后土壤含水量(%) Soil water content after harvesting		
	SM	AM	CK	SM	AM	CK
0～5	14.58$_{bAB}$	22.26$_{aA}$	7.93$_{cB}$	12.07$_{a}$	12.67$_{a}$	10.87$_{a}$
5～10	25.11$_{bA}$	27.57$_{aA}$	23.43$_{cB}$	12.80$_{a}$	15.63$_{a}$	12.80$_{a}$
10～15	25.99$_{ab}$	28.91$_{a}$	27.7$_{b}$	12.47$_{a}$	15.47$_{a}$	12.17$_{a}$
15～20	26.65$_{a}$	27.28$_{a}$	26.03$_{a}$	12.87$_{a}$	15.27$_{a}$	14.00$_{a}$
20～25	26.18$_{a}$	27.93$_{a}$	27.53$_{a}$	15.93$_{a}$	14.37$_{a}$	13.13$_{a}$
25～30	27.48$_{a}$	27.92$_{a}$	26.90$_{a}$	14.83$_{a}$	13.91$_{a}$	14.30$_{a}$
30～35	27.77$_{a}$	28.45$_{a}$	27.10$_{a}$	15.40$_{a}$	13.93$_{a}$	12.63$_{a}$
35～40	27.49$_{a}$	28.33$_{a}$	25.70$_{a}$	10.31$_{a}$	10.42$_{a}$	10.91$_{a}$

注:表中土壤含水量数据为相同处理3次重复的平均值;小写字母和大写字母分别代表同一测定时期、相同深度、不同处理间的5%和1%显著水平的差异性。

Note: Values of soil water content above are averages of each treatment by repeating 3 times; The lower case letters and the capital letters in each row stand for significance between the treatments in the same soil depth and same period at 5% and 1% level, respectively.

无论是春播前还是收获后,总体上春季覆膜和秋季覆膜处理一直保持较高的土壤含水量,随着土层深度的加大,处理间土壤含水量差异变小。这是由于试验区供试土壤发育于黄土母质,0～40 cm土层土壤质地比较均匀。春季风大,耕层失水较为迅速,而地膜覆盖通过抑制土壤水分蒸发显示出了明显的保墒效果;另外,覆膜处理膜下土壤温度较高,土壤热梯度增大,加快了土壤深层水分向上移动,并在上层聚集,从而增加了表层土壤水分含量[12]。

2.2 不同时期覆膜对春玉米产量的影响

表3 不同处理方式春玉米产量分析

Table 3 Analysis results of yield of spring maize under different treatments

处理 Treatment	小区产量 Plot yield(kg/plot)			平均产量 Average yield (kg/hm^2)	比对照增产 Compared to CK (%)
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ		
AM	67.31	65.23	59.25	5814.60$_{aA}$	30.01
SM	53.49	61.49	49.86	4997.33$_{aAB}$	18.57
CK	49.67	43.25	41.31	4069.46$_{bB}$	—

注:表中小写字母和大写字母分别代表5%和1%显著水平的差异性。

Note: The lower case letters and the capital letters in each row stand for 5% significance level and 1% significance level.

由表3的统计结果可见,春季覆膜处理小区春玉米产量(4 997.33 kg/hm^2)和秋季覆膜处理小区春玉米产量(5 814.60 kg/hm^2)均高于对照(4 069.46 kg/hm^2),且以秋季覆膜处理增产效果最为明显,比对照增产30.01%;其次为春季覆膜处理,较对照增产18.57%;秋季覆膜、春季覆膜玉米产量与对照间差异分别达到了1%显著水平和5%显著水平,这表明在辽西旱农区覆膜栽培可显著提高春玉米产量。

2.3 不同时期覆膜对土壤水分利用率的影响

水分利用效率是衡量作物水分利用程度高低的重要指标[13]。由表4可以看出,不同处理春玉米水分利用效率不同,以秋季覆膜处理的水分利用效率最大,为24.71 kg/(mm·hm^2),比对照〔17.44 kg/(mm·hm^2)〕提高了29.43%;春季覆膜处理的水分利用效率次之,其水分利用效率〔21.38 kg/(mm·hm^2)〕比对照提高了18.45%。对不同处理春玉米水分利用效率进行方差分析,结果为秋季覆膜处理、春季覆膜处理与对照之间的差异达到了1%显著水平,而秋季覆膜处理与春季覆膜处理之间的差异也达到了1%显著水平。由此可见:春季覆膜、秋季覆膜处理可以有效地提高春玉米农田水分利用效率,且以秋季覆膜处理提高的幅度最大,这是由于秋季覆膜可以有效地将夏、秋季的雨水资源保存于土壤中,使之不在冬、春季蒸发损失,保证春播期间土壤能够持续稳定地供应种子发芽时所需要的水分;另外,地面覆盖使春玉米生育期内土壤表层保持较高的土壤水分含量,为春玉米的生长发育提供有利条件,从而极大地提高水分利用效率。

由此可见,秋季覆膜栽培技术能大幅度提高春玉米水分利用效率,是辽西旱作区栽培玉米提高降水利用效率的有效措施。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　不同处理春玉米生育期水分利用效率

Table 4　Water use efficiency of spring maize during growth stages under different treatments

处理 Treatment	播前 40 cm 土壤贮水量 Soil water storage before sowing (mm)	生育期降雨 Rainfall in growth period (mm)	收获后 40 cm 土壤贮水量 Soil water storage after harvesting (mm)	耗水量 Water consumption (mm)	产量 Yield (kg/hm^2)	水分利用效率 Water use efficiency [kg/(mm·hm^2)]
AM	81.93	215.00	61.61	235.32	5814.60	24.71$_{aA}$
SM	79.55	215.00	60.83	233.72	4997.33	21.38$_{bB}$
CK	75.14	215.00	56.76	233.37	4069.46	17.44$_{cC}$

3　结　论

1) 玉米播种前,0～40 cm 土层土壤含水量为秋季覆膜(AM)＞春季覆膜(SM)＞未覆膜(CK),尤其以 0～15 cm 土层土壤含水量差异最为明显。这表明秋季覆膜显著提高了播种前土壤水分含量,能够有效地缓解早春干旱,解决了玉米因春旱无法播种、出苗的农业生产“瓶颈”问题。

2) 春季覆膜和秋季覆膜处理与对照相比均具有明显的增产效果,但以秋季覆膜处理产量最高,秋季覆膜处理、春季覆膜处理玉米产量与对照之间的差异分别达到了 1%和 5%显著水平。

3) 春季覆膜、秋季覆膜处理与对照相比可以有效提高春玉米农田水分利用效率,秋季覆膜处理、春覆膜和对照的农田水分利用效率分别为 24.71 kg/(mm·hm^2)、21.38 kg/(mm·hm^2)和 17.44 kg/(mm·hm^2),秋季覆膜处理和春季覆膜处理的提高幅度分别达到了29.43%和 18.45%。

综上所述,在辽西这样水资源匮乏的旱农区,采用秋季覆膜调控措施可以做到“保蓄秋墒、秋雨春用”,能有效地解决春旱这一农业生产中的“瓶颈”问题。

参 考 文 献:

[1] 张国礼.旱作农业区玉米秋覆膜的效应与配套栽培技术[J].甘肃农业科技,2004,(9):27－28.

[2] 张　雷,牛建彪,赵　凡.旱作玉米双垄面集雨全地面覆膜沟播抗旱增产技术研究[J].甘肃科技,2004,20(11):174－175.

[3] 景泰来.旱地玉米秋季全覆膜栽培节水增产效果研究[J].甘肃农业科技,2004(6):24－25.

[4] 程炳文,王　勇,罗世武,等.地膜玉米不同处理土壤水分和温度变化规律对产量的影响[J].玉米科学,2006,14(1):144－145.

[5] 张万文,王　萍,王彦华,等.春玉米地膜覆盖增产因素研究[J].杂粮作物,2000,(2):29－31.

[6] 李世清,李凤民,宋秋华,等.干旱地区地膜覆盖对作物产量和氮利用效率的影响[J].应用生态学报,2001,12(2):205－209.

[7] 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):27－28.

[8] 张玉龙,黄　毅,邹洪涛,等.辽西地区的干旱特征与降水资源调控的可能性分析[J].农业科技与装备,2007,6(12):10－11.

[9] 邹洪涛,张玉龙,黄　毅,等.辽西半干旱区秋后覆膜保墒对翌年春玉米生长发育的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):25－28.

[10] 王顺霞,王占军,左　忠.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.

[11] 鲁向晖,高　鹏,王　飞,等.宁夏南部山区秸秆覆盖对春玉米水分利用效率及产量的影响[J].土壤通报,2008,39(6):1248－1251.

[12] 员学锋,吴普特,汪有科.地膜覆盖保墒灌溉的土壤水、热以及作物效应研究[J].灌溉排水学报,2006,5(1):25－29.

[13] Liu Xuejun, Ai Yingwei, Zhang Fusuo, et al. Crop production, nitrogen recovery and water use efficiency in rice-wheat rotation as affected by non-flooded mulching cultivation(NFMC)[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2005, 71: 289－299.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Effects of plastic film-mulching in different stages on soil water content and spring maize yield of dryland in western Liaoning

XIN Dong-xu, ZHANG Yu-long*, HUANG Yi, ZHANG Yu-ling, ZHANG Zhe-yuan, CUI Ning, SONG Wen, CHEN Fu-qiang

(*College of Soil and Environment, Key laboratory of Agricultural Resources and Environment of Liaoning Province, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning* 110161, *China*)

Abstract: In order to make clear the effects of plastic film-mulching in autumn and in early spring on soil water content and spring maize yield of dryland in western Liaoning, field plot experiments were conducted in Jianping Country of Liaoning Province. The results showed that plastic film-mulching in early spring and in autumn before sowing could improve the water-holding capability of soil in the depth of 15 cm. The average yield of spring maize with plastic-film mulching in autumn and in early spring and traditional cultivation was 5 814.6 kg/hm^2, 4 997.33 kg/hm^2 and 4 069.46 kg/hm^2. Compared to the traditional cultivation, plastic film-mulching in early spring and in autumn could increase the average yield by 30.01% and 18.57% and increase water use efficiency by 18.45% and 29.43% respectively.

Keywords: maize; plastic film-mulching; mulching time; soil water content; wate use efficiency; yield

(上接第107页)

Effects of low seedling density cultivation on photosynthetic characteristics and grain yield and water use efficiency of dryland winter wheat

LI Shang-zhong[1], FAN Ting-lu[2], WANG Li-ming[1], WANG Yong[1], ZHAO Gang[1], TANG Xiao-ming[1]

(1. *Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*; 2. *Department of Scientific Research Management, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*)

Abstract: In order to evaluate effects of low seedling density cultivation on photosynthetic characteristics and grain yield and water use efficiency of dryland winter wheat, the photosynthetic rate and photosynthesis yield and relative electron transport rate of winter wheat flag leaves, light transmission rate of population, grain yield and water use efficiency were measured and analyzed with 4 winter wheat varieties under lower density in field experiments. The results showed that, in the period from anthesis to dough stage, photosynthetic rate and photosynthesis yield and relative electron transport rate of flag leaves, light transmission rate of population were improved by low seeding density cultivation, change trend of them among different wheat varieties were the same. Compared with plant density of 150×10^4 plants/hm^2, photosynthesis attenuation rate of traditional plant density of 450×10^4 plants/hm^2 increased by 25.2～43.5 percent point, photosynthesis yield and relative electron transport rate of them decreased 2.95%～20.68% and 10.66%～18.32%, respectively, and the proportion of the reception of photosynthesis active radiation increased upper the layer of flag leaf, and decreased the proportion received lower the layer of flag leaf. These suggested that low seedling density cultivation have great advantages in photosynthesis ability, electron transfer, and light energy transform at late growth stage. The relative low planting density ($300\sim375\times10^4$ plants/hm^2) will benefit the construction of population structure, which increases grain yield and water use efficiency of dryland winter wheat to a much higher level, and the grain yield and water use efficiency were respectively increased by 12.55% and 14.48% compared to that of traditional plant density of 450×10^4 plants/hm^2.

Keywords: low seedling density cultivation; dryland winter wheat; photosynthetic characteristics; grain yield; water use efficiency

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net