

胡麻覆膜种植模式对产量、水分利用和经济效益的影响

汪磊¹, 谭美莲¹, 叶春雷², 罗俊杰², 严兴初^{1*}

(1. 中国农业科学院油料作物研究所, 农业部油料作物生物学与遗传育种重点实验室, 湖北 武汉, 430062;

2. 甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃 兰州, 730070)

摘要:为评价不同地膜覆盖技术的适应性和节水增产效果,于2014-2015年,在我国典型的干旱、半干旱雨养农业区设置露地穴播(CK1)、全膜覆土穴播(T1)、旧膜重复利用穴播(T2)、膜侧条播(T3)、露地条播(CK2)5种栽培模式对比试验,研究了不同种植模式对胡麻生育期、经济性状、产量、水分利用效率和经济效益的影响。结果表明:覆膜种植模式促进胡麻出苗提前并缩短其生育期0~7d,干旱年份(2015年)较正常年份(2014年)覆膜促熟效应减弱。T1和T2处理两年的产量均显著高于对照和T3处理。T1和T2处理不同年份下水分利用效率显著高于其他处理。经济效益分析表明,T1和T2处理在两年的收益率中稳居第一和第二位,增收效果显著。因此认为全膜覆土穴播和旧膜重复利用穴播是干旱半干旱地区胡麻适宜的种植模式。

关键词:胡麻(油用亚麻);种植模式;地膜覆盖技术;产量性状;水分利用效率;经济效益

中图分类号:S565.901 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-9084(2016)04-0000-07

Effects of plastic mulching modes on yield, water use efficiency and profits of linseed (*Linum usitatissimum* L.)

WANG Lei¹, TAN Mei-lian¹, YE Chun-lei², LUO Jun-jie², YAN Xing-chu^{1*}

(1. Oil Crops Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Oil Crops, Ministry of Agriculture, Wuhan 430062, China;

2. Biotechnology Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Different planting patterns were designed to investigate linseed (oil flax, *Linum usitatissimum* L.) yield and water use efficiency in arid and semi-arid rainfed area in 2014 (normal rainfall) and 2015 (drought). These patterns included whole field plastic mulching with soil covering the top of mulch and bunch-seeding (T1), bunch-seeding directly on the double ridges and furrows mulched with plastic film system used in maize last season (T2), ridges mulched with plastic and row-seeding in furrow (T3), and two control, uncovered bunch-seeding (CK1) and uncovered row-seeding (CK2). In this study, earlier seedling emergency and shorter growth of duration (0-7d) were observed under mulching cultivation than uncovered plantings in two years. More shortened growth stages (16-20d) but with weaker effects on ripeness were displayed under all the planting models in drought year (2015) than in normal year (2014), and lower yield was obtained in 2015. It was suggested that the yields of linseed were significantly higher and WUE was also remarkably increased ($P < 0.05$) in T1 and T2 patterns than in other 3 patterns. Moreover, income analysis showed that the best and the better profit were gained with T1 and T2 patterns respectively in both years. It was concluded that among the 5 patterns, T1 and T2 were optimal in arid and semi-arid regions with 350 mm rainfall.

Key words: Oil flax (*Linum usitatissimum* L.); Planting patterns; Field plastic mulching; Yield traits; Water use efficiency; Economic benefits

收稿日期:2016-02-19

基金项目:国家胡麻产业技术体系(CARS-17)

作者简介:汪磊(1984-),湖北武汉人,硕士,实验师,从事特种油料作物研究, E-mail: kaoyan84@126.com

*通讯作者:严兴初,研究员,从事特种油料作物研究, E-mail: yanxc@oilcrops.cn

胡麻 (*Linum usitatissimum* L.), 为亚麻科 (Linaceae) 亚麻属 (*Linum*) 一年生草本植物, 属于油用亚麻, 是我国干旱和半干旱地区主要的油料作物^[1]。胡麻籽含有丰富的不饱和脂肪酸 (α -亚麻酸), 含量在 45%~65% 之间, 因其极佳的干性被用于工业用途^[2]。但在我国, 胡麻油是主产区人民喜食的烹饪用油^[3]。近年来, 胡麻油的保健功能也日益受到关注, 其富含人体必需的亚麻酸, 在缓解心脑血管疾病等方面具有显著功效^[4,5]; 胡麻籽中还含有丰富的木酚素, 具有显著抗氧化、抗癌、抗心血管疾病功效^[6,7]; 此外, 胡麻籽中还含有非淀粉多糖、不溶性纤维、矿物质、维生素等营养成分, 经过加工处理的胡麻籽饼粕可用于饲料配料^[2]。

胡麻大多种植于我国干旱半干旱地区的雨养农业区, 缺乏有效的灌溉条件, 因此, 干旱是胡麻生产中面临的重要问题^[1]。地膜覆盖技术能有效集雨保墒增温, 并促进胡麻生长发育, 稳产增产效果显著^[8,9]。目前胡麻生产上应用的覆膜栽培技术大体上可分为两类, 一是地膜全覆盖技术, 二是膜侧栽培技术。其中地膜全覆盖技术, 又可分为全膜覆土穴播、旧膜重复利用技术等; 膜侧栽培技术则主要包括膜侧沟播、垄膜集雨种植技术等不同形式。这些覆膜技术均能在一定程度上提高土壤表层水分含量, 保障胡麻生育期基本水分需求, 达到早年稳产、丰年增产的目的。关于覆膜的增产机理目前已经有大量深入的研究^[10~12], 但在胡麻不同覆膜模式差异研究方面, 多数限于单一产量的差异比较^[13~16], 而缺乏对胡麻产量、经济效益和水分利用效率的综合评价。

本研究在降雨量 350mm 左右的典型干旱、半干旱区, 通过比较胡麻在不同种植模式下的经济性状、产量和经济效益差异, 结合耗水量、水分利用效率等指标, 综合评价不同地膜覆盖技术的适应性和节水增产效果, 为丰富地膜增产机理研究和雨养农业区胡麻抗旱增产栽培技术的选择提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

胡麻常规栽培品种陇亚 11 号 (2014 年) 和陇亚 10 号 (2015 年), 均为中熟品种, 由甘肃省农业科学院提供。

1.2 试验设计

试验于 2014 年和 2015 年分别在小康营乡深沟子村和南关镇汉家窑坡示范点进行。该地区地处兰州市榆中县, 海拔 2 100m, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 3 044 $^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 2 179 $^{\circ}\text{C}$, 无霜期平均 130d, 年平均降

雨量 350mm 左右。土壤类型为黄绵土, 属甘肃省中部地区典型的旱作农业区。试验田为旱地, 前茬作物为玉米。共设 5 个处理, 即: CK1 - 露地穴播 (对照) (双垄沟播玉米旧膜揭膜); T1 - 全膜覆土穴播 (春季双垄沟播玉米旧膜揭膜再覆膜); T2 - 旧膜重复利用穴播 (双垄沟播玉米旧膜不揭膜直接穴播胡麻); T3 - 膜侧条播 (双垄沟播玉米残膜揭膜, 采用膜侧条播机一次完成覆膜和播种); CK2 - 露地条播 (双垄沟播玉米旧膜揭膜)。

试验采用随机区组排列, 重复 3 次。2014 年小康营乡深沟子村示范点小区长 5m, 宽 4m, 小区面积 20m²; 2015 年南关镇汉家窑坡示范点小区长 8m, 宽 4m, 小区面积 32m²。穴播处理采用穴播机播种, 每穴 7~8 粒, 穴距 20cm, 条播由小型条播机播种, 各处理胡麻播种量为 52.55kg/hm² (折合 3.5kg/666.7 m²), 各处理于春雪融化前施复合肥 (N14%, P16%, K15%) 375kg/hm², 尿素 150kg/hm²。试验地前茬双垄沟播地膜玉米, 收获时注意保护地膜, 用于种植胡麻。地膜选用 120cm 幅宽全膜和 40cm 幅宽的半膜, 膜厚度均为 0.008mm。

胡麻生育期 (3~8 月) 间榆中县 30 年平均降雨量为 282.7mm, 且从 3 月到 8 月份逐月递增。而 2014 年生育期降雨量为 283.9mm, 主要降雨量分布在 4 月和 6~7 月, 总降雨量基本符合 30 年年均降雨量。2015 年生育期降雨量为 183.1mm, 3~5 月降雨量较好, 但 6~8 月降雨量锐减, 出现极端干旱天气, 总体上属于干旱年份。气温总体变化趋势与多年平均值接近, 仅 3~4 月略高于多年平均值 (图 1)。

1.3 测定内容与方 法

1.3.1 经济性状及产量测定 待出苗后统计出苗率、成苗数, 观察并记载生育期。于成熟期每小区选取 15 株具代表性的胡麻进行主要农艺性状的测定, 包括株高、有效分茎数、有效分枝数、单株蒴果数、每蒴果粒数、单株粒重、千粒重等, 重复 3 次。收获时按小区测定产量。

1.3.2 土壤含水率及水分利用效率测定 分别在播种前、收获后采用土钻烘干法取 0~200cm 土样, 每 20cm 为一个土层, 测定土壤含水量。根据公式 (1) 和 (2) 分别计算籽粒产量的土壤水分利用效率和经济效率^[17], 公式略有改进。

$$WUE = \frac{Y}{I + P - (W_e - W_i)} \quad (1)$$

$$EWUE = \frac{Y'}{I + P - (W_e - W_i)} \quad (2)$$

式中: WUE 为土壤水分利用效率 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$), Y 为作物产量 ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$), I 为灌水量 (mm), 全生育期末灌溉, 且地下水位深, 对本试验无影响, 故不予考虑。 P 为生育期降水量 (mm), W_i

为收获后土壤含水量 (mm), W_i 为播前土壤含水量 (mm)。

$EWUE$ 为经济效率 ($\text{Yuan} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$), 即单位耗水量产生的净收入, Y' 为净收入 (Yuan)。

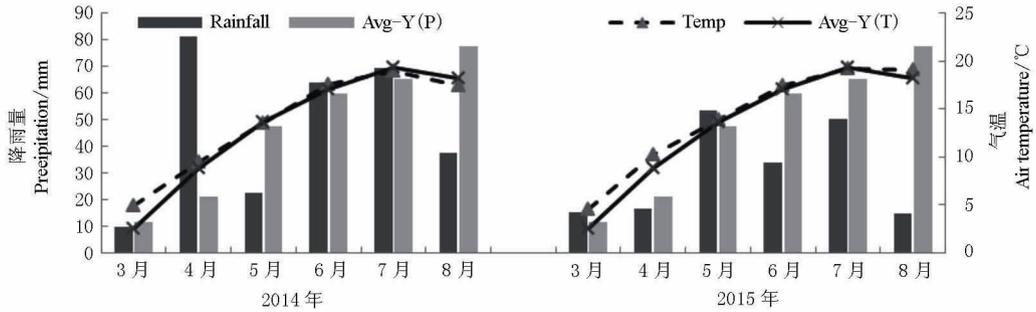


图1 榆中试验点 2014~2015 年月平均气温、降雨量和 30 年月平均降雨量 Avg~Y(P) 和气温 Avg~Y(T)

Fig.1 Average monthly air temperature and rainfall in 2014-2015 compared with the 30 year average of Yuzhong

1.3.3 节水增产效果计算 采用单位籽粒生产下的节水量和单位耗水量对不同种植模式进行比较^[18], 方法略有改进(公式 3,4)。

假设常规种植模式耗水量为 W_1 , 产量为 Y_1 , 覆膜种植模式的耗水量为 W_2 , 产量为 Y_2 , 则单位籽粒生产下的节水量 (ΔW) 和单位籽粒生产下不同覆膜种植模式比对照节水率 (β_w) 的计算公式为:

$$\Delta W = \frac{W_1}{Y_1} - \frac{W_2}{Y_2} \quad \beta_w = \frac{\Delta W Y_1}{W_1} \times 100\% \quad (3)$$

单位耗水量下不同覆膜种植模式比对照增产 (ΔY) 和单位耗水量下不同覆膜种植模式比对照增产率 (β_y) 的计算公式为:

$$\Delta Y = \frac{Y_2}{W_2} - \frac{Y_1}{W_1} \quad \beta_y = \frac{\Delta Y W_1}{Y_1} \times 100\% \quad (4)$$

其中, 覆膜穴播 (T1、T2) 与露地穴播对照 CK1 进行比较, 膜侧条播 (T3) 与露地条播对照 CK2 进行比较。

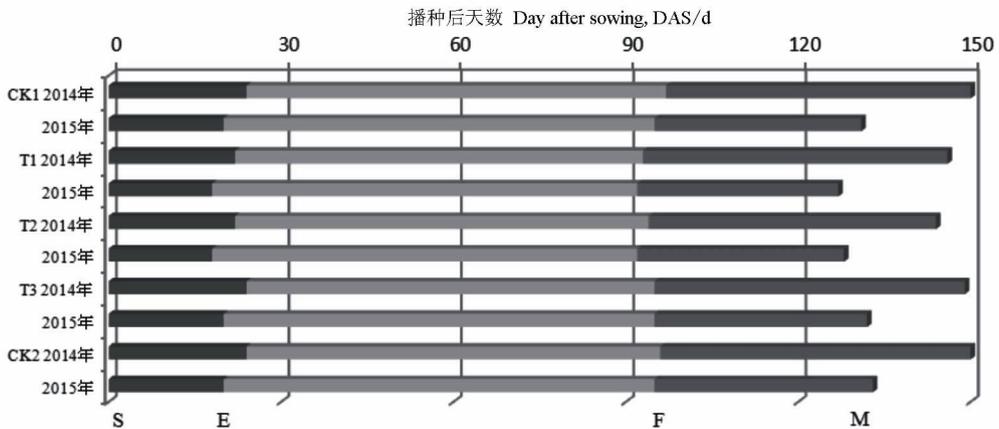
1.4 数据分析

用 Microsoft Excel 2010 软件对数据进行整理及绘图, 采用 SPSS 11.5 统计分析软件进行方差分析和显著性检验 (S-N-K 法)。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式对生育期的影响

不同年份间和不同种植方式下, 胡麻生育期存在差异 (图 2)。覆膜种植模式下胡麻生育期缩短。全膜覆土穴播 (T1) 和旧膜重复利用穴播 (T2) 均能



注: CK1: 露地穴播 (对照, 双垄沟播玉米旧膜揭膜); T1: 全膜覆土穴播 (春季双垄沟播玉米旧膜揭膜再覆膜); T2: 旧膜重复利用穴播 (双垄沟播玉米旧膜不揭膜直接穴播胡麻); T3: 膜侧条播 (双垄沟播玉米残膜揭膜, 采用膜侧条播机一次完成覆膜和播种); CK2: 露地条播 (对照, 双垄沟播玉米旧膜揭膜)。S: 播种; E: 出苗; F: 盛花; M 成熟。下同

Note: CK1: control 1, uncovered bunch-seeding; T1: whole field plastic mulching with soil covering the top of mulch and bunch-seeding; T2: bunch-seeding directly on the double ridges and furrows mulched with plastic film system in maize last season; T3: ridges mulched with plastic and row-seeding in the furrow; CK2: control 2, uncovered row-seeding. S: sowing; E: emergence; F: full flowering; M: mature

图2 2014 (正常) 和 2015 (干旱) 年不同种植模式对胡麻生育期的影响

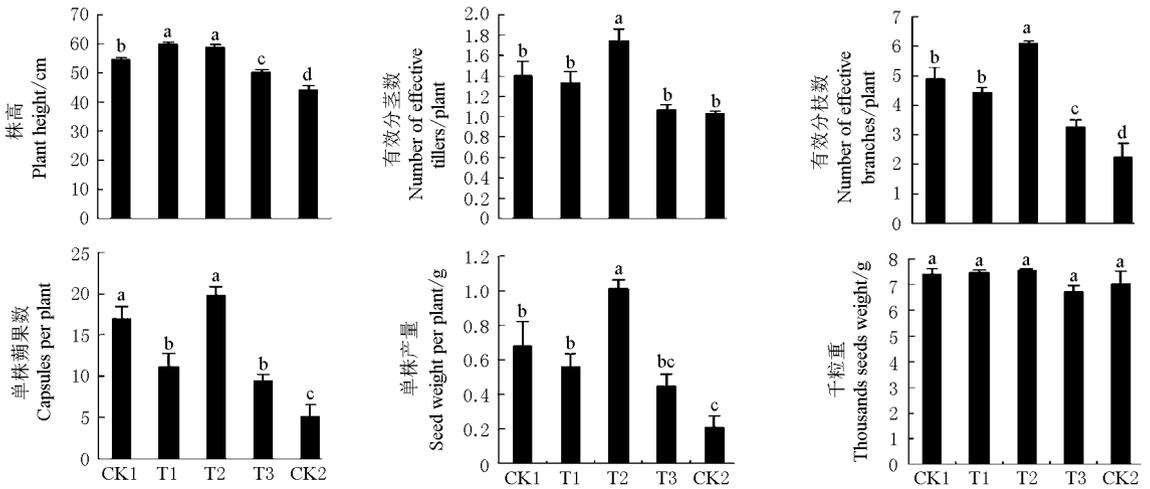
Fig.2 Effects of cropping patterns on flax growth stage during 2014 (normal) - 2015 (drought)

够促进提前出苗和早熟,膜侧条播种植(T3)与对照平均生育期差距不明显。2015年(干旱年)较之2014年(正常年)胡麻生育期缩短,且覆膜促熟效应减弱。2014年覆膜处理较露地种植提前成熟2~7d,而2015年覆膜处理较露地种植仅提前成熟0~4d。

2.2 不同种植模式对经济性状的影响

2014年不同种植模式下胡麻植株经济性状表现有差异。全膜覆土穴播(T1)和旧膜重复利用穴播(T2)下株高显著高于穴播露地对照(CK1)和露地条播对照(CK2)(图3)。表明覆膜穴播处理能够促进植株生长。而膜侧条播处理(T3)株高显著高

于露地条播对照,但却显著低于露地穴播,可能是穴播处理密度相对较高,接收紫外线较少,株高相对较高。有效分茎数、有效分枝数、单株蒴果数和千粒重都是胡麻产量构成的主要因子,其中单株产量的高低与有效分茎数、有效分枝数和单株蒴果数密切相关。不同种植模式下单株产量以T2处理最高,显著高于其他处理;T1和T3处理和CK1无显著差异,位列第二;CK2单株产量最低,显著低于其他处理。各处理有效分茎数、有效分枝数、单株蒴果数和单株产量变化趋势基本一致;千粒重性状相对稳定,各处理间差异不显著。



注:误差线上不同小写字母表示性状间差异达到显著水平($P < 0.05$),下同

Note: Different lower case letters above SE bars indicate significant differences ($p < 0.05$) among treatments. Same as follow

图3 不同种植模式下胡麻经济性状差异(2014,陇亚11号)

Fig. 3 Effects of cropping patterns on flax traits related to yield (2014, Longya 11)

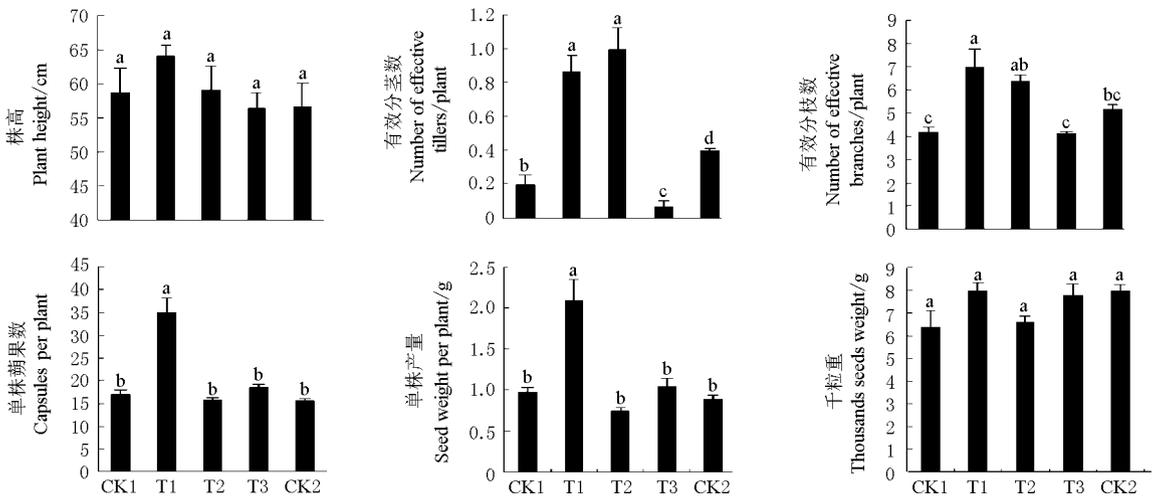


图4 不同种植模式下胡麻经济性状差异(2015,陇亚10号)

Fig. 4 Effects of cropping patterns on flax economical characteristics (2015, Longya 10)

图4为2015年不同种植模式下陇亚10号经济性状表现情况。各处理间株高差异不显著,但T1和

T2处理略高于其他处理,主要原因是重复间变异幅度较大;有效分茎数的处理间差异尤为明显,其中

T1 和 T2 处理显著高于露地对照, T3 处理分茎数最低, 可能是干旱年份降雨量未能达到膜侧集雨要求, 且种植密度相对集中所致; 不同处理间有效分枝数变化趋势与有效分茎数基本一致, 其中 T1 和 T2 处理占据第一, 随后是 CK2、T3 和 CK1 处理; 单株蒴果数和单株产量均以 T1 处理最高, 其他处理间差异不显著。千粒重表现同 2014 年一致。该年度降雨量偏少尤其是 6-7 月干旱严重影响籽粒灌浆, 胡麻个体生长发育受到限制, 个体间差异加剧。

2.3 不同种植模式对产量和水分利用效率的影响

T1 处理和 T2 处理能显著促进籽粒产量形成, 其中 2014 年较 CK1 增幅达 54.6% 和 34.7%, 2015 年增幅亦达 40.3% 和 28.4% (表 1)。除 2015 年的 CK2 外, 各覆膜处理生育期总耗水量大于露地对照。

表 1 不同种植模式对胡麻籽粒产量、耗水量及水分利用效率的影响

Table 1 Effects of cropping patterns on seed yield, water consumption and water use efficiency (WUE)

处理 Treatment	籽粒产量 Yield /(kg · hm ⁻²)	总耗水量 Water consumption /mm	水分利用效率 Water use efficiency /(kg · hm ⁻² · mm ⁻¹)	单位籽粒生产 Per kilogram of linseed		单位耗水量 Per cubic meter of water		
				节水量 Water saved /(mm · kg ⁻¹)	节水率 Percentage /%	增产量 Yield increased /(kg · mm ⁻¹)	增产率 Percentage /%	
2014	CK1	1 353.15 b	209.15	6.47 b				
	T1	2 091.45 a	226.04	9.25 a	0.70	30.08	0.19	43.01
	T2	1 822.05 a	258.81	7.04 a	0.19	8.10	0.04	8.82
	T3	1 344.30 b	253.44	5.30 b	-2.36	-110.01	-0.11	-24.07
	CK2	1 468.20 b	210.17	6.99 b				
2015	CK1	1 183.05 b	152.60	7.76 b				
	T1	1 659.60 a	169.35	9.80 a	0.40	78.20	0.14	26.41
	T2	1 518.90 a	166.60	9.12 a	0.29	14.97	0.09	17.60
	T3	1 165.20 b	166.10	7.02 b	-0.39	-15.36	0.07	13.89
	CK2	1 075.35 b	181.10	5.94 b				

2.4 不同种植模式下胡麻经济效益分析

表 2 为不同种植模式下胡麻种植投入产出及单位耗水量产生的经济效益 (即经济效率, economic water use efficiency, EWUE)。净收入直接反映了胡麻种植效益, 而经济效率则更进一步代表了节水经济效益。T1 和 T2 处理胡麻净收入大幅提高, 在单

而水分利用效率变化与籽粒产量变化一致, 说明覆膜处理通过提高水分利用效率来促进胡麻产量增加。

采用单位籽粒生产下的节水量和单位耗水量对不同种植模式下节水增产效果进行评价 (表 1)。2014 年 T1 和 T2 处理生产每千克籽粒节水 0.70mm 和 0.19mm, 节水率分别达 30.08% 和 8.10%; 每消耗 1mm 水量籽粒增产为 0.19kg 和 0.04kg, 增产率达 43.01% 和 8.82%; T3 处理均为负值。而 2015 年 T1 和 T2 处理生产每千克籽粒节水 0.40 mm 和 0.29mm, 节水率达 78.20% 和 14.97%; T1、T2 和 T3 处理每消耗 1mm 水量籽粒分别增产 0.14kg、0.09kg 和 0.07kg, 增产率分别为 26.41%、17.60% 和 13.89%。

位用水量产生的经济效益上也显著高于其他处理。同时, 在干旱年, 覆膜处理的经济效率更高, 单位水分产生的经济价值更高, 间接证明了覆膜抑制株间蒸发的同时还能够充分蓄积露地栽培条件下难以利用的水分供胡麻生长所用。

表 2 不同种植模式对胡麻经济效益及经济效率的影响

Table 2 Effects of cropping patterns on economic benefits and WUE

处理 Treatment	成本 Cost / (Yuan · hm ⁻²)			收入 Income / (Yuan · hm ⁻²)	净收入 Net income / (Yuan · hm ⁻²)	总耗水量 Water consumption /mm	经济效率 Economic WUE / (Yuan · hm ⁻² · mm ⁻²)	
	肥料 Fertilizer	农药 Pesticide	地膜 Film					
2014	CK1	750	150	0	8 659.5	7 759.5 b	209.15	2.47 b
	T1	750	150	1 267.5	13 386.0	11 218.5 a	226.04	3.31 a
	T2	750	150	0	11 661.0	10 761.0 a	258.81	2.77 a
	T3	750	150	975.0	8 604.0	6 729.0 b	253.44	1.77 b
	CK2	750	150	0	9 396.0	8 496.0 b	210.17	2.70 b
2015	CK1	750	150	0	7 572.0	6 672.0 c	152.60	2.91 c
	T1	750	150	1 267.5	10 621.5	8 454.0 a	169.35	3.33 a
	T2	750	150	0	9 721.5	8 821.5 a	166.60	3.53 a
	T3	750	150	975.0	7 458.0	5 583.0 b	166.10	2.24 b
	CK2	750	150	0	6 882.0	5 982.0 bc	181.10	2.20 bc

3 讨论与结论

地膜覆盖技术是我国干旱半干旱地区缓解水分亏缺、增强土壤保墒集水能力、最大限度利用自然降水的重要手段。全膜覆土技术是在普通地膜覆盖技术基础上发展的西北黄土高原旱作区大面积应用于密植作物栽培的关键增产技术,可显著提高降水利用率和作物生产力^[18]。对小麦、马铃薯、玉米等^[18,19]研究表明,该技术能显著提高作物水分利用效率和产量,这与本研究 T1 处理效果一致。因地膜覆盖能够最大限度的蓄积水分,还能够通过抑制株间蒸发,促进蒸腾,改善株间蒸发和叶面蒸腾耗水比例^[20],促进土壤无效水分转化为有效水分,从而提高胡麻产量和水分利用效率。旧膜重复利用(T2 处理)增产机理与之类似。

有研究认为,覆膜主要通过提高作物水分消耗量来获得产量提高^[21]。随后的研究表明,覆膜处理能够调节不同生育期耗水比例,在总耗水量高于对照的同时,将更多的水分用于关键生育期,以保证最终增产^[12]。本研究同样观察到 T1 和 T2 处理总耗水量较露地对照增加,但其相对产量增长却十分有限^[22]。因此,产量与耗水量相对变化相关的评价指标才能够真实反映不同种植模式的生产效率。本研究采用单位籽粒生产下的节水量和单位耗水量在不同种植模式下节水增产效果进行评价获得了直观的结果。而 EWUE 值更进一步对单位面积上单位耗水能够产生的经济效益和节水效果进行了评估。

膜侧种植也是旱地作物重要抗旱增产种植技术,其垄膜集雨,沟播种植,能够有效地蓄集和利用半膜平种时无法利用的小于 10mm 的微量降水^[23],在玉米等稀植作物采用效果显著。但在胡麻研究中结果并不一致:如固原原州区开展的胡麻不同覆膜种植方式比较试验(膜侧栽培,全膜穴播栽培,半膜栽培,全膜覆土穴播栽培四种模式)中膜侧栽培显著高于其他处理,各处理较对照增产率分别为 29.4%、11.4%、4.9% 和 2.5%^[13];而在定西设置了平膜穴播,垄膜沟播,露地条播三个处理则以平膜穴播产量较高,比对照增产 93.8%^[14];赵强等,叶春雷等也得出类似的结果^[15,16]。本研究 T3 处理增产效果不佳,可能是膜侧种植土地利用相对全膜种植和露地种植低所致,另外,试验地的降雨量大小、分布等因素可能都存在影响,具体原因有待进一步分析。

实际生产中选择何种覆膜种植模式还需要考虑当地农户的种植习惯,如定西地区习惯双垄沟播玉米后茬继续利用旧膜穴播胡麻;而平凉地区膜侧沟

播种植,因其机械化程度较高,在收获时地膜容易回收而更受欢迎。另外,对于地膜对田间环境污染问题,可以通过地膜田间回收机械、提高地膜强度或可降解地膜的利用等来解决。

综上所述,在年降雨量 350mm 左右干旱半干旱地区,覆膜处理能够促进胡麻出苗,缩短胡麻生育期,地膜促熟效应在早年减弱。全膜覆土穴播和旧膜重复利用穴播技术在不同年份下能获得稳定增产,经济效益和水分利用效率均显著提高,可作为胡麻抗旱栽培模式推广应用。经济效率(即 EWUE)、单位籽粒生产下的节水量和耗水量可作为评价不同栽培模式地区适宜性的重要衡量指标。

参考文献:

- [1] 汪磊,谭美莲,严明芳,等. PEG 模拟干旱对胡麻种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011(6):227-232.
- [2] Zuk M, Richterc D, Matuła J, et al. Linseed, the multi-purpose plant [J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 75:165-177.
- [3] 赵利,党占海,李毅,等. 亚麻籽的保健功能和开发利用[J]. *中国油脂*, 2006(3):71-74.
- [4] Leyva D R, Zahradka P, Ramjiawan B, et al. The effect of dietary flaxseed on improving symptoms of cardiovascular disease in patients with peripheral artery disease: rationale and design of the FLAX - PAD randomized controlled trial [J]. *Contemporary Clinical Trials*, 2011, 32(5):724-730.
- [5] Makni M, Fetoui H, Nabil K. et al. Antidiabetic effect of flax and pumpkin seed mixture powder: effect on hyperlipidemia and antioxidant status in alloxan diabetic rats[J]. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 2011, 25(5):339-345.
- [6] Adlereretz H. Phyto - oestrogens and cancer[J]. *Lancet Oncol*, 2002, 3(6):364-373.
- [7] 周炜,王国杰,韩正康. 亚麻籽木脂素研究进展[J]. *动物医学进展*, 2007, 28(3):89-94.
- [8] Bu L D, Liu J L, Zhu L, et al. The effects of mulching on maize growth, yield and water use in a semi - arid region[J]. *Agriculture Water Manage*, 2013, 123:71-78.
- [9] Qin S H, Zhang J L, Dai H L, et al. Effect of ridge - furrow and plastic - mulching planting patterns on yield formation and water movement of potato in a semi - arid area [J]. *Agricultural Water Management*, 2014, 131:87-94.
- [10] 杨长刚,柴守玺,常磊,等. 不同覆膜方式对旱作冬小麦耗水特性及籽粒产量的影响[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(4):661-671.
- [11] 吴兵. 旱地一膜两年用胡麻农田生态效应及增产机

- 理研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2014.
- [12] Zhao H, Wang R Y, Ma B L, et al. Ridge – furrow with full plastic film mulching improves water use efficiency and tuber yield of potato in a semiarid rainfed ecosystem [J]. *Field Crops Research*,2014,161:137 – 148.
- [13] 张树海,郭忠富,赵 东,等. 胡麻不同覆膜种植方式比较试验[J]. *宁夏农林科技*,2013,54(10):8 – 9.
- [14] 水建兵,邢 国,王天华. 定西旱区地膜胡麻覆膜方式对比试验初报[J]. *甘肃农业科技*,1999(5):23 – 24.
- [15] 赵 强,曹天海,岳 云,等. 全膜覆盖方式对半干旱旱区胡麻的影响[J]. *甘肃农业科技*,2013(1):18 – 19.
- [16] 叶春雷,谢志军,罗俊杰. 半干旱区胡麻地膜覆盖栽培方式研究[J]. *甘肃农业科技*,2012(2):5 – 7.
- [17] 方彦杰,徐银萍. 不同栽培模式对大麦生育期间土壤水分及产量的影响[J]. *干旱地区农业研究*,2015,33(3):190 – 195.
- [18] 侯慧芝,吕军峰,郭天文,等. 西北黄土高原半干旱区全膜覆土穴播对土壤水热环境和小麦产量的影响[J]. *生态学报*,2014,34(19):5 503 – 5 513.
- [19] 侯慧芝,吕军峰,郭天文,等. 全膜覆土栽培对作物的水温效应[J]. *麦类作物学报*,2012(6):1 111 – 1 117.
- [20] 韩 娟,廖允成,贾志宽,等. 半湿润偏旱区沟垄覆盖种植对冬小麦产量及水分利用效率的影响[J]. *作物学报*,2014,40(1):101 – 109.
- [21] 范颖丹,柴守玺,程宏波,等. 覆盖方式对旱地冬小麦土壤水分的影响[J]. *应用生态学报*,2013,24(11):3 137 – 3 144.
- [22] 李巧珍,李玉中,郭家选,等. 覆膜集雨与限量补灌对土壤水分及冬小麦产量的影响[J]. *农业工程学报*,2010,26(2):25 – 30.
- [23] 李来祥,刘广才,杨祁峰,等. 甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与应用[J]. *干旱地区农业研究*,2009,27(1):114 – 117.

(责任编辑:郭学兰)