

地膜再利用对土壤水盐及油葵幼苗生长的影响

艾海舰¹, 李志熙¹, 边利军²

(1. 榆林学院 生命科学学院, 陕西 榆林 719000; 2. 乌兰布和灌域管理局沙区灌溉试验站, 内蒙古 磴口 015200)

摘要: 为了推广地膜再利用栽培技术,在河套灌区以露地种植油葵为对照,在旧地膜覆盖的田地,在土壤顶凌期、返浆期和油葵种植前、油葵幼苗期分别测定了旧地膜覆盖带、旧地膜附近、旧地膜间 0—100 cm 土层的土壤水分、土壤盐分,测定了旧地膜覆盖带、旧地膜间种植的油葵出苗及幼苗生长状况。结果表明,地膜再利用提高了旧地膜覆盖田地耕层的土壤水分,降低旧地膜覆盖带耕层土壤盐分,提高旧地膜附近及旧地膜间耕层土壤盐分;地膜再利用对深层土壤水分、土壤盐分无显著影响。地膜再利用缩短了旧地膜覆盖带种植的油葵出苗天数,提高了油葵的出苗率及存活率,促进了油葵幼苗生长;但地膜再利用延长了旧地膜间种植的油葵出苗天数,降低了出苗率及存活率,抑制了幼苗生长。地膜再利用种植油葵时应将油葵种植在旧地膜带覆盖带上,不应种植在旧地膜之间。

关键词: 旧地膜覆盖; 土壤水分; 土壤盐分; 油葵; 幼苗

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0014-05

中图分类号: S565.7, S152.7

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.004

Effects of Reuse Technique of Plastic Film Mulch on Soil Moisture, Soil Salt and Oil Sunflower Seedling Growth

AI Hai-jian¹, LI Zhi-xi¹, BIAN Li-jun²

(1. College of Life Science, Yulin University, Yulin, Shaanxi 719000, China;

2. Sandy Area Irrigation Experimental Station, Ulanbuh Irrigation Field Administration, Dengkou, Inner Mongolia 015200, China)

Abstract: This study was conducted in an old plastic film mulching field to promote the reusing techniques of plastic film mulch in the Hetao Irrigation District, with oil sunflower cultivation in open field as the control. In soil ice crust and soil moisture recovering periods and before oil sunflower sowing and seedling periods, soil moisture and soil salt in 0—100 cm soil layer were measured within old plastic film belts, near old plastic films and between old plastic films, respectively. Moreover, emergence and seedling growth of oil sunflower were measured within old plastic film belts and between old plastic films, respectively. Results showed that reuse of the plastic film mulch increased topsoil moisture in old plastic film mulching field, decreased topsoil salt within old plastic film belts, but increased topsoil salt near and between old plastic films. Reuse of the plastic film mulch had no significant effect on deep soil moisture and soil salt. Reuse of the plastic film mulch shortened oil sunflower emergence time, increased oil sunflower emergence rate and survival rate, promoted oil sunflower seedling growth within old plastic film belts, but extended oil sunflower emergence time, decreased oil sunflower emergence rate and survival rate, inhibited oil sunflower seedling growth between old plastic films. In cultivation of oil sunflower with the reusing technique of plastic film mulch, oil sunflower should be sowed in the soil within old plastic film belts, but should not be sowed in the soil between old plastic films.

Keywords: old plastic film mulch; soil moisture; soil salt; oil sunflower; seedling

地膜是继农药、化肥之后在农业生产中应用最为广泛的化学产品。地膜覆盖不仅可提高土壤温度,保持土壤湿度,而且可促进土壤微生物生长,提高肥料

利用率,减轻水土流失及洪涝灾害,在干旱、半干旱及高山冷凉地区成为作物增产的主要途径^[1-6],但地膜覆盖引起的“白色污染”易造成土壤容重增加,土壤水

收稿日期:2013-08-10

修回日期:2013-08-13

资助项目:陕西省科技厅农业攻关项目“优质猪生产与粪污资源化利用示范”(2010K01-01);国家自然科学基金项目“黄土丘陵区小流域大气降水—土壤水—地下水转化行为机理研究”(41171421)

作者简介:艾海舰(1965—),男(汉族),陕西省米脂县人,硕士,副教授,主要从事土壤资源环境研究。E-mail:ahj369@126.com。

分移动缓慢,作物根系生长发育受阻及产量降低,不利于农业健康、持续发展^[7-9]。可降解地膜、液体地膜具有普通地膜相同的生态功能,但其拉伸性能、机械强度等较差,成本较高,难以推广^[10-12]。地膜再利用栽培技术可显著改善土壤水热状况,提高作物产量及水分利用效率^[13-16],膜下滴灌可减少作物根际土壤盐分积累^[17-22]。河套灌区土壤盐渍化严重,开展地膜再利用栽培技术对土壤水分、盐分及油葵(*Helianthus annuus*)生长方面的研究,不但可减少地膜用量,而且可减少土壤盐分表聚,提高作物产量,具有节本增效等功效。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验地位于河套灌区磴口县补隆淖尔镇,年均气温 7.6℃,降雨量 142.7 mm,蒸发量 2 381.8 mm,无霜期 136~144 d,年日照时数 3 209.5 h,作物生长期光合有效辐射 1.68×10^5 J/cm²。试验地海拔 1 047.4 m,土壤为灌淤土,地下水位在 120 cm 左右,耕层土壤总孔隙度为 43.65%,田间持水率 23.23%,凋萎系数 7.48%,有机质 10.0 g/kg 左右,含盐量为 1.50 g/kg 左右,主要为氯化物—硫酸盐。试验地 0—80 cm 土层土壤容重基本一致,平均为 1.48 g/cm³^[23-24],80—100 cm 土层土壤容重平均为 1.52 g/cm³。

1.2 试验设计及测定内容、方法

采用玉米—油葵轮作,前一年种植地膜玉米,作为地膜再利用的预备试验。试验以玉米收获后清除残膜、翻耕后的露地为对照,第 2 a 在玉米后茬的旧地膜覆盖带和旧地膜间种植油葵。试验用地膜宽度为 70 cm,相邻地膜带间的露地为 40 cm,地膜边沿覆土宽度约为 10 cm。预备试验于 2011 年 4—9 月进行,正式试验于 2012 年 3—6 月进行,重复 3 次,9 个小区,小区长 20 m,宽 12 m。

(1) 露地种植。秋浇前清除玉米秸秆及残膜,翻耕 30 cm。第 2 a 春末夏初(5 月 25 日)在露地上用点播器人工种植油葵。

(2) 旧地膜带种植。玉米收获后清除玉米秆,留茬不揭膜,不翻耕,秋浇。第 2 a 春末夏初(5 月 25 日)在旧地膜上用点播器人工种植 2 行油葵,两行之间的距离为 40 cm,即地膜带为窄行距,地膜间为宽行距。

(3) 旧地膜间种植。玉米收获后清除玉米秆,留茬不揭膜,不翻耕,秋浇。第 2 a 春末夏初(5 月 25 日)在旧地膜之间的露地用点播器人工种植 2 行油葵,两行之间的距离为 40 cm,即地膜带为宽行距,地

膜间为窄行距。

1.3 农艺措施

供试油葵品种为 G101,地膜为高压聚乙烯膜,厚度 8 μm,幅宽 70 cm。不同小区均采用宽窄行种植,宽行行距 80 cm,窄行行距 40 cm,株距 24 cm,密度为 6 900 穴/hm²。5 月 25 日人工种植油葵,每穴 1 粒种子。向日葵播种后采用点播器,人工施磷酸二铵 225 kg/hm²,硝酸钾 3.75 kg/hm²。

为了减少土壤盐分表聚,在土壤返浆期(4 月 26 日)用耘锄对露地及旧地膜间进行浅耕,并在播种前 10 d(5 月 15 日)对各小区灌水 120 mm(量水堰测定),进行洗盐、压盐。播种前对露地及旧地膜间进行浅耕。油葵播种到幼苗期间不灌水,不施肥。播种到幼苗期无降水。

1.4 测定内容及方法

1.4.1 土壤水分 在露地(窄行中间)、旧地膜带(地膜覆盖的中部)、旧地膜附近(距旧地膜边缘及旧地膜间的种植行各 2.5 cm)、旧地膜间(原玉米行的宽行,即旧地膜之间的中间位置),每年用土钻($\phi=4$ cm)每间隔 10 cm 土层采样 1 次,在土壤顶凌期(3 月 25 日)、土壤返浆期(4 月 25 日)和油葵种植前(5 月 25 日)、油葵幼苗期(6 月 25 日)用烘干法测定露地、旧地膜带、旧地膜间及旧地膜附近 0—100 cm 土层土壤水分(%)。

1.4.2 土壤盐分 在采集土壤水分土样时,分层采集不同测试点 0—100 cm 土层土样,烘干后用电导法测定各层土壤盐分的电导率,然后根据经验公式换算为土壤全盐含量^[23-24]。

$$Y=3.471L+0.015 \quad (1)$$

式中:Y——土壤盐分含量(g/kg);L——25℃时待测土壤 1:5 土壤水浸出液的电导率(mS/cm)。

1.4.3 油葵幼苗生长状况 每年 5 月 30 日至 6 月 10 日调查不同处理每天的出苗数,并统计不同处理的出苗率及出苗天数。油葵幼苗期(6 月 25 日)调查不同处理油葵幼苗的保存率和株高、根系深度、根系生物量及地上部生物量等。

$$\text{出苗率} = \frac{\text{出苗数}}{\text{种植穴}} \times 100\% \quad (2)$$

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n G_i T_i}{\sum G_i} \quad (3)$$

$$\text{存活率} = \frac{\text{存活数}}{\text{出苗数}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:D——出苗天数(d); G_i ——播种日至出苗终止日间的逐日出苗数(株); T_i ——与 G_i 所对应的天数(d); n ——出苗终止天数(d)。

1.5 数据处理

试验数据采用 Excel 2003 处理,用 SPSS 10.0 软件进行单因素方差分析;如果差异显著,则采用邓肯氏新复极差检验法进行多重比较,检验不同处理之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 土壤水分

从顶凌期到油菜幼苗期,不同监测点 0—100 cm 土层土壤水分大小顺序为:顶凌期>返浆期>播种前>幼苗期(图 1)。试验地地下水位为 1.20 m 左右,入冬前秋浇洗盐,入冬后土壤冻结,由于深层土壤温度及水汽压高,深层土壤水分向上层土壤扩散,在上层土壤中凝结为小冰晶,以固态水的形式保持在土壤中,并随上层土壤温度的不断下降,冻结的水分则越多,导致上层土壤水分含量越高。试验地冻土层最深达 110 cm,当春季气温回升,冻土层从上部、下部向中间融化。顶凌期上层融化深度为 5.0—7.0 cm,深

层向上层融化达到 80 cm 土层,土壤中仍存在 70 cm 厚的冻土层,故土壤水分蒸散量较小,土壤水分高。冬季土壤水分不断向上层土壤汇集并凝结成小冰晶,在犁底层形成“冰晶集聚层”。

在冻土层没有完全融化之前,犁底层土壤中融化的冰晶不能下渗到深层土壤,只能沿着土壤毛细管上升到地表,使土壤表层的含水量增多,造成土壤“返浆”。返浆期测定时上层土壤融化深度为 40 cm 左右,深层土壤融化深度已上升到 60 cm 土层,虽然返浆期气温升高,土壤蒸发强度增加,但由于大量冰晶融化,故土壤水分略低于顶凌期。顶凌期和返浆期土壤水分散失主要是通过毛细管从地表蒸发到大气中,播种前 10 d 对各小区进行了灌水洗盐、压盐,但播种前冻土层已完全融化,土壤水分蒸散以气态与毛细管相结合,蒸散强烈,因而播种前土壤水分低于返浆期。从播种到幼苗期无灌溉及降水过程,随着气温的不断增加,土壤蒸散量则持续增加,故幼苗期的土壤水分最低。

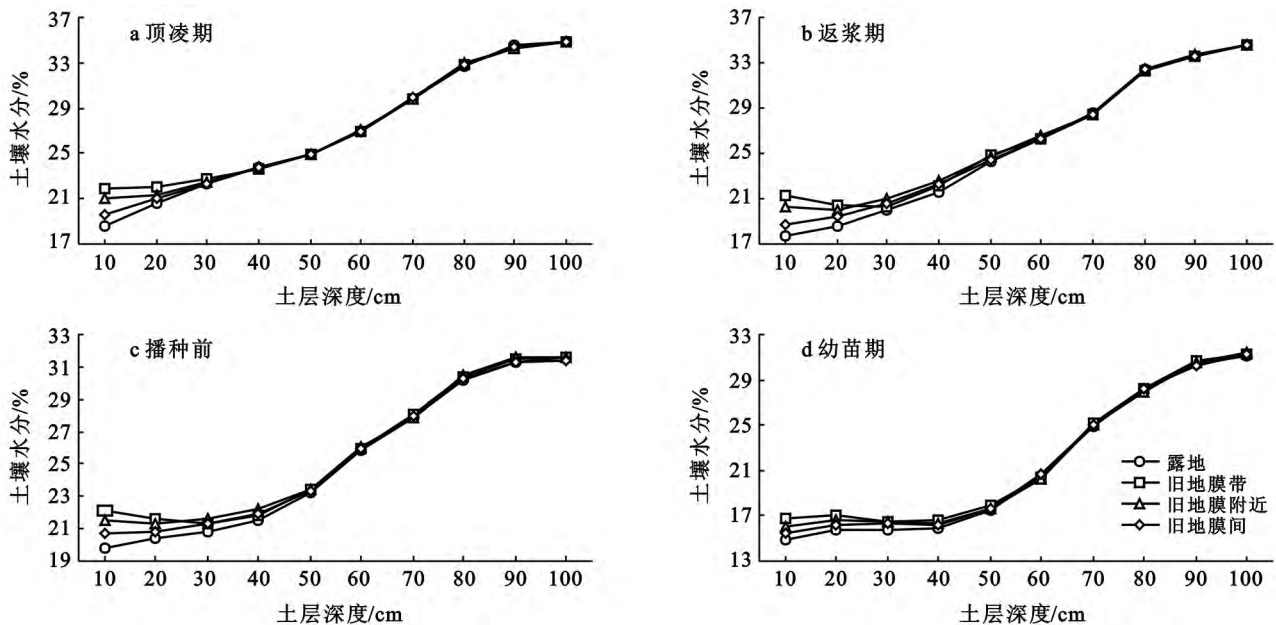


图 1 不同时期不同处理的土壤水分

顶凌期旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间、露地 0—10 cm 土层的土壤水分分别为 21.89%, 21.06%, 19.54%, 18.57%, 旧地膜带极显著高于旧地膜间及露地,旧地膜附近极显著高于露地,显著高于旧地膜间。顶凌期 10 cm 土层以下不同测试点的土壤水分基本相同。土壤返浆期旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间、露地 0—20 cm 土层土壤水分分别为 20.85%, 20.11%, 19.10%, 18.18%, 旧地膜带极显著高于露地,旧地膜附近显著高于露地。旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间、露地 0—40 cm 土层土壤水分分别为

21.04%, 20.94%, 20.24%, 19.47%, 旧地膜带、旧地膜附近显著高于露地。返浆期 40 cm 土层以下不同测试点的土壤水分无显著差异;旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间、露地 0—20 cm 土层土壤水分分别为 21.90%, 21.40%, 20.73%, 20.10%, 旧地膜带、旧地膜附近显著高于露地。播种前 20 cm 土层以下不同测试点的土壤水分基本相同。从 5~15 d 到向日葵幼苗期无灌溉及降水过程,油菜幼苗期旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间、露地 0—20 cm 土层土壤水分分别为 16.90%, 16.31%, 15.86%, 15.39%, 旧地膜

带、旧地膜附近显著高于露地;旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间、露地 0—40 cm 土层土壤水分分别为 16.73%,6.36%,16.07%,15.61%,旧地膜带显著高于露地。幼苗期 40 cm 土层以下不同测试点的土壤水分无显著差异。

不同测试点在不同时期 40 cm 土层以下的土壤水分基本相同且含量较高,变化幅度较小,主要是 40 cm 土层以下土壤水分受地下水的影响较大,损失的水分能够得到及时补给,能够稳定在一定的水平。

2.2 土壤盐分

从顶凌期到油葵幼苗期,由于秋浇洗盐和春季灌水压盐,露地、旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间 0—100 cm 土层土壤盐分高低顺序为:返浆期>幼苗期>播种前>顶凌期,且不同测定时期土壤盐分变化幅度为:旧地膜附近>旧地膜间>露地>旧地膜带(图 2)。

顶凌期露地、旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间 0—20 cm 土层土壤含盐量分别为 1.04,0.90,1.21,1.11 g/kg,旧地膜附近极显著高于旧地膜间,旧地膜

间显著高于露地,露地则极显著高于旧地膜带。顶凌期 20 cm 土层以下不同测试点的土壤盐分基本一致,无显著差异。返浆期露地、旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间 0—50 cm 土层土壤含盐量分别为:1.65,1.28,2.34,1.97 g/kg 之间存在极显著差异,且旧地膜附近、旧地膜间 0—10 cm 土层土壤盐分高达 3.86,3.03 g/kg。经过春季灌水压盐,播种时不同测试点的土壤盐分较返浆期降低。播种时露地、旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间 0—30 cm 土层土壤含盐量分别为:1.35,1.15,1.79,1.60 g/kg,之间存在极显著差异。播种时 30 cm 土层以下不同测试点的土壤盐分含量基本相同。幼苗期露地、旧地膜带、旧地膜附近、旧地膜间 0—30 cm 土层土壤含盐量分别为:1.82,1.26,2.24,2.07 g/kg,旧地膜附近显著高于旧地膜间,旧地膜间极显著高于露地,露地则极显著高于旧地膜带。

不同测试点不同时期 50 cm 以下土层的土壤盐分基本相同,基本稳定在较高的水平,主要是 50 cm 以下土壤盐分受地下水的影响。

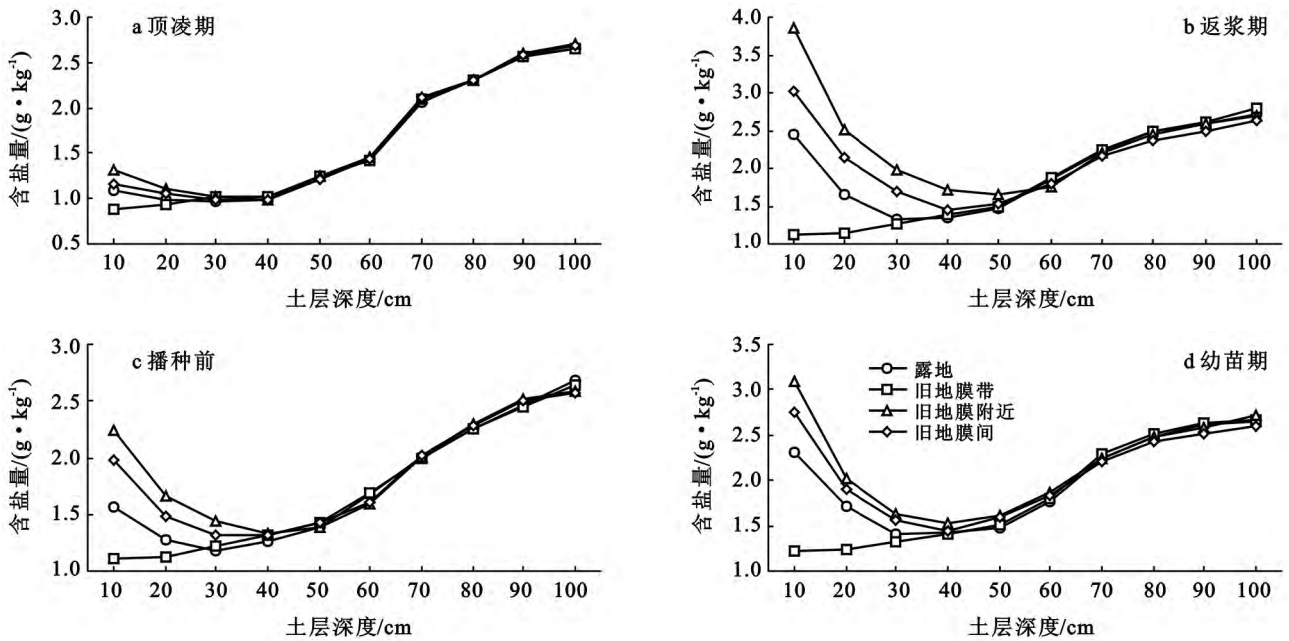


图 2 不同时期不同处理的土壤盐分

2.3 向日葵幼苗生长状况

从旧地膜带到露地、旧地膜间,油葵的出苗天数逐渐延长,出苗率、存活率逐渐降低,之间存在极显著

差异(表 1)。从旧地膜带到露地、旧地膜间,油葵的株高、茎粗、叶片数、根系深度、根系幅度也逐渐降低,之间也存在着极显著差异。

表 1 不同处理的出苗状况及生长状况

处理	出苗天数/ d	出苗率/ %	存活率/%	株高/cm	茎粗/cm	叶片数	根系深度/ cm	根系幅度/ cm
露地	9.24bB	83.4bB	81.45bB	17.8bB	0.59bB	9.21bB	16.87bB	15.12bB
旧地膜带	7.46cC	94.7aA	91.62aA	19.6aA	0.92aA	11.82aA	19.84aA	17.64aA
旧地膜间	11.12aA	64.7cC	58.46cC	16.1cC	0.44cC	8.06cC	12.68cC	10.34cC

注:同列数据后的小、大写字母分别表示差异达显著($p < 0.05$)和极显著($p < 0.01$)水平。下同。

从旧地膜带到裸地、旧地膜间,油葵的叶片、叶柄、茎及根系生物量均逐渐降低,之间存在极显著差异(表 2)。露地的根冠比显著高于旧地膜带,旧地膜带极显著高于旧地膜间。露地的根冠比比高,旧地膜间的比较低,主要是适量的土壤盐分可促进油葵根系生长,过量的盐分则抑制油葵根系生长^[25]。

表 2 不同处理的幼苗生物量

处理	地上部生物量(g/株)				根系生物量 (g/株)	根冠比
	叶片	叶柄	茎	合计		
露地	1.17bB	0.18bB	0.42bB	1.77bB	0.35bB	0.198aA
旧地膜带	3.51aA	0.66aA	1.46aA	5.63aA	1.03aA	0.183bA
旧地膜间	0.66cC	0.09cC	0.23cC	0.98cC	0.16cC	0.163cB

3 讨论

旧地膜的密闭性虽不及新地膜,但与露地相比,旧地膜带仍能显著减少土壤水分蒸发,提高耕层土壤水分,这与闫雅非等^[15]的试验结果相一致;旧地膜带的土壤水分高于露地,主要是试验地地下水位较高,旧地膜带的土壤温度较高^[16],土壤中上行水汽蒸发强烈,受旧地膜覆盖的影响,旧地膜边沿及旧地膜间成为土壤水分蒸发的主要通道^[17,23,26-27],因而旧地膜附近及旧地膜间的土壤水分较露地高;由于旧地膜附近受旧地膜下土壤水汽蒸发的影响程度大于旧地膜间,因而旧地膜附近耕层土壤的水分高于旧地膜间。一般情况下土壤蒸发越强烈,土壤盐分表聚则越多。旧地膜带的土壤水分上行到地表,遇到旧地膜后不能蒸散到大气中,而是凝结成水珠,重新返回到表层土壤(即耕层土壤),起到洗盐、压盐的作用,因而旧地膜带耕层土壤盐分较露地低。旧地膜间是旧地膜覆盖田土壤水分蒸发的主要区域,旧地膜间较露地土壤水分含量高,蒸发强烈,因而表层土壤盐分表聚较多,盐分含量较高。由于旧地膜附近土壤水分蒸发更加强烈,因而土壤盐分表聚则更严重,盐分含量则最高。虽然油葵为耐盐性较强的作物,但由于油葵播种时旧地膜间、旧地膜附近的土壤水分、盐分含量较高,导致旧地膜间种植的油葵从播种到幼苗期均处于高湿、高盐的土壤环境,导致油葵萌发、生长缓慢,出苗率、存活率降低;虽然旧地膜带的土壤水分较高,但由于土壤盐分含量较低,且土壤温度较高^[16],因而油葵的出苗期短,出苗率、存活率高且生长状况良好。旧地膜间种植的油葵生长状况比露地差,该结果与闫雅非等^[15]的不一致,主要是二者试验地的土壤盐分含量不同,因而作物生长出现差异。

4 结论

(1) 地膜再利用栽培技术可提高旧地膜带及旧地膜附近、旧地膜间耕层的土壤水分,降低旧地膜带耕层的土壤盐分,但提高了旧地膜附近及旧地膜间耕层的土壤盐分。地膜再利用栽培技术对深层土壤水分、盐分无显著影响。

(2) 地膜再利用栽培技术缩短了旧地膜带油葵的出苗天数,提高了油葵的出苗率及存活率,促进了油葵幼苗生长;但地膜再利用栽培技术延长了旧地膜间油葵的出苗天数,降低了油葵的出苗率及存活率,抑制了油葵幼苗生长。

(3) 应用地膜再利用栽培技术种植油葵时,应将油葵种植在旧地膜覆带上,不应将油葵种植在旧地膜之间。

[参 考 文 献]

- [1] 杜社妮,白岗柱.玉米地膜覆盖的土壤环境效应[J].干旱地区农业研究,2007,25(5):56-59.
- [2] 罗付香,林超文,涂仕华,等.氮肥形态和地膜覆盖对坡耕地玉米产量和土壤氮素流失的影响[J].水土保持学报,2012,26(6):11-16.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 王友贞,袁先江,许浒,等.水稻旱作覆膜的增温保墒效果及其对生育性状影响研究[J].农业工程学报,2002,18(2):29-31.
- [6] 马树庆,王琪,郭建平,等.玉米地膜覆盖土壤水分效应及抗旱涝试验研究[J].自然灾害学报,2009,18(3):8-13.
- [7] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等.农用地膜残留污染的现状与防治[J].农业工程学报,2006,22(11):269-272.
- [8] 徐刚,杜晓明,曹云者,等.典型地区农用地膜残留水平及其形态特征研究[J].农业环境科学学报,2005,24(1):79-83.
- [9] 何文清,严昌荣,赵彩霞,等.我国地膜应用污染现状及其防治途径研究[J].农业环境科学学报,2009,28(3):533-538.
- [10] 申丽霞,王璞,张丽丽.可降解地膜的降解性能及对土壤温度、水分和玉米生长的影响[J].农业工程学报,2012,28(4):111-116.
- [11] 杨青华,贺德先,刘华山.液体地膜覆盖对棉花产量与土壤环境的影响[J].农业工程学报,2005,21(5):123-126.

(下转第 241 页)

- [6] 郭菊花, 陈小云, 刘满强, 等. 不同施肥处理对红壤性水稻土团聚体的分布及有机碳、氮含量的影响[J]. 土壤, 2007, 39(5): 787-793.
- [7] 向艳文, 郑圣先, 廖育林, 等. 长期施肥对红壤水稻土水稳定性团聚体有机碳、氮分布与储量的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2415-2424.
- [8] 董长勋, 李恋青, 王芳, 等. 水稻土微团聚体吸附磷后对 Cu^{2+} 吸附与解吸的影响[J]. 南京农业大学学报, 2006, 9(4): 75-79.
- [9] 魏朝富, 高明, 谢德体. 有机肥对紫色水稻土水稳定性团聚体的影响[J]. 土壤通报, 1995, 26(3): 114-116.
- [10] Yoder R. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion loesses [J]. J. Am. Soc. Agron., 1936, 28(5): 337-351.
- [11] 郑子成, 王永东, 李廷轩, 等. 退耕对土壤团聚体稳定性及有机碳分布的影响[J]. 自然资源学报, 2011, 26(1): 119-127.
- [12] 蒋静, 周运超, 杜光平. 石灰岩发育的乔木林下土壤团聚体形成的影响因素[J]. 中国水土保持, 2011(7): 47-66.
- [13] 李阳兵, 魏朝富, 谢德体, 等. 岩溶山区植被破坏前后土壤团聚体分形特征研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 51-56.
- [14] 李阳兵, 谢德体. 不同土地利用方式对岩溶山地土壤团聚体结构的影响[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 122-125.
- [15] Parffit R L, Yeates G W, Ross D J, et al. Relationships between soil biota, nitrogen and phosphorus availability, and pasture growth under organic and conventional management[J]. Applied Soil Ecology, 2005, 28(1): 1-13.
- [16] 史奕, 陈欣. 土壤团聚体的稳定机制及人类活动的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1491-1494.
- [17] Six J, Elliott E T, Paustian K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2000, 32(14): 2099-2103.
- [18] 章明奎, 何振立. 利用方式对红壤水稳定性团聚体形成的影响[J]. 土壤学报, 1997, 34(4): 359-366.
- [19] Chenu C, Le Bissonnais Y, Arrouays D. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 2000, 64(4): 1479-1486.
- [20] Caron J, Espindola C R, Angers D A. Soil structural stability during rapid wetting: Influence of land use on some aggregate properties[J]. Soil. Sci. Soc. Am. J., 1996, 60(3): 901-908.
- [21] 陈晓梁, 梁爱珍, 张晓平. 土壤团聚体固碳的研究方法[J]. 应用生态学报, 2012, 23(7): 1999-2006.

(上接第18页)

- [12] 杨青华, 韩锦峰, 贺德先. 液体地膜覆盖对棉田土壤微生物和酶活性的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1312-1317.
- [13] 闫志利, 吴兵, 党占海, 等. 农田旧膜再利用方式对胡麻生理指标及产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(2): 197-202.
- [14] 吴兵, 高玉红, 赵利, 等. 旧膜再利用方式对旱地胡麻干物质生产及水分利用效率的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(11): 1457-463.
- [15] 闫雅非, 刘景辉, 史建国, 等. 不同旧膜再利用方式对向日葵产量及水分利用效率的影响[J]. 华北农学报, 2012, 27(6): 219-2233.
- [16] 史建国, 刘景辉, 闫雅非, 等. 旧膜再利用对土壤温度及向日葵生育进程和产量的影响[J]. 作物杂志, 2012(1): 130-134.
- [17] 李毅, 邵明安, 王文焰, 等. 不同灌水定额条件下的覆膜开孔蒸发实验研究[J]. 水科学进展, 2004, 15(3): 357-363.
- [18] 王全九, 王文焰, 吕殿青, 等. 膜下滴灌盐碱地水盐运移性研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(7): 54-57.
- [19] 谭军利, 康跃虎, 焦艳平, 等. 不同种植年限覆膜滴灌盐碱地土壤盐分离子分布特征[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 59-63.
- [20] 马东豪, 王全九, 来剑斌. 膜下滴灌条件下灌水水质和流量对土壤盐分分布影响的田间试验研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 42-46.
- [21] 刘建军, 王全九, 张明, 等. 膜下滴灌土壤盐分年季变化特征研究[J]. 中国农村水利水电, 2012(11): 48-52.
- [22] 王雅琴, 刘洪光, 朱拥军. 重盐碱地膜下滴灌土壤盐分运移规律研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(3): 58-60.
- [23] 杜社妮, 于健, 耿桂俊, 等. 定植孔密封方式对土壤水热盐及番茄苗存活率的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(12): 110-116.
- [24] 白岗栓, 杜社妮, 于健, 等. 激光平地改善土壤水盐分布并提高春小麦产量[J]. 农业工程学报, 2013, 29(8): 125-134.
- [25] 陈炳东, 黄高宝, 陈玉梁, 等. 盐胁迫对油葵根系活力和幼苗生长的影响[J]. 中国油料作物学报, 2008, 30(3): 327-330.
- [26] 李毅, 王全九, 王文焰, 等. 覆膜开孔土壤蒸发的水盐分布特征及运移规律研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(2): 187-193.
- [27] 高金芳, 李毅, 陈世平, 等. 覆膜开孔蒸发条件下土体高度对水盐运移的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(9): 50-55.