

文章编号: 1672-3317(2020)08-0018-08

一膜两年覆盖对河套灌区盐碱土 水盐分布和食葵生长的影响

卢闯^{1,2}, 靳存旺³, 李二珍³, 杨柳青³, 李建忠³, 王婧¹, 逢焕成¹, 李玉义^{1*}
(1.中国农业科学院 农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2.北京农业信息技术研究中心,
北京 100097; 3.五原县农牧业技术推广中心, 内蒙古 五原 015100)

摘要:【目的】为内蒙古河套灌区盐碱地一膜两年覆盖技术应用提供依据。【方法】在河套灌区中度盐渍化农田研究了传统的秋季翻耕春季覆新膜(CT)、秋季留膜免耕(NT)2种耕作覆膜方法对土壤水盐分布、土壤温度和食葵生长的影响,并对其经济效益进行评价。【结果】春播前,NT处理农田0~80 cm土层含水率显著提高,1 m土体贮水量较CT处理显著提高9.91%,NT处理0~100 cm各层土壤含盐量均显著低于CT处理,总储盐量降低35.86%;收获后CT、NT处理贮水量无显著差异,NT处理储盐量较CT处理显著降低42.07%。NT处理在苗期和蕾期降低了地膜增温效果,06:00时5 cm土层平均温度较CT处理低0.9℃,14:00时较CT处理低1.5℃。NT处理食葵蕾期长势较弱,株高、地下干物质量分别较CT显著降低23.81%、23.61%,在进入盛花期后,NT处理食葵生长加速,地上、地下干物质积累速率分别较CT处理提高23.50%、26.59%,一膜两年覆盖对食葵籽粒产量无显著影响,CT、NT处理产投比分别为3.07、4.53。【结论】一膜两年覆盖具有一定的生态效益和经济效益,是适于河套灌区盐碱地的节本增效型农田管理技术。

关键词: 一膜两年覆盖; 盐碱地; 土壤水盐分布; 食葵

中图分类号: S181

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2019446

卢闯, 靳存旺, 李二珍, 等. 一膜两年覆盖对河套灌区盐碱土水盐分布和食葵生长的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(8):18-25.

LU Chuang, JIN Cunwang, LI Erzhen, et al. The Effects of Non-tillage Coupled with Mulching Plastic Film Reuse on Soil Water and Salt Dynamics and Sunflower Growth in Hetao Irrigation District[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(8): 18-25.

0 引言

【研究意义】内蒙古河套灌区是我国重要的粮油生产基地,受特殊的地形和气候条件影响,当地土壤盐渍化及次生盐渍化严重,限制了农田的高效利用^[1]。地膜不透气不透水,可以阻隔表层土壤与大气间的水分传输从而抑制盐分表聚,使表层土壤含盐量降至作物耐受范围内^[2],因而成为河套灌区作物栽培和盐渍土改良的重要农艺措施,从1982年开始大面积推广至今。近年来,随着灌区覆盖面积的增长,地膜用量也逐年递增,据统计,2017年河套灌区地膜年使用量达到2.32万t^[3],而回收率只有约60%。大量的难分解残留地膜不仅会造成白色污染、耕层退化等生态环境

问题,而且还会阻碍作物出苗、影响根系发育从而降低作物产量和品质^[4-5]。地膜残留的危害不仅引起学者关注,也得到了国家有关部门的高度重视,2019年农业农村部发布了《关于加快推进农用地膜污染防治的意见》,将地膜污染列为农业农村污染防治的重点^[6]。因此,在河套灌区“无膜不植”的背景下,寻求地膜减量的生产方式是当地农业可持续发展的重要内容。

【研究进展】旱作农业区近年来推行的地膜二次利用免耕栽培技术在减少地膜投入方面具有一定的应用效果,研究表明,一膜两年覆盖处理在玉米整个生育期内的耗水结构和常规覆膜无显著差异^[7];玉米茬一膜两年用,免耕穴播小麦的生产方式可减少20%的灌水量和氮肥用量^[8];一膜两年覆盖技术结合沟垄作或平作可降低作物耗水量并提高降水利用率,实现节本增效^[9]。【切入点】目前相关研究多集中于地膜再利用对土壤-作物系统水分平衡的影响等方面,关于一膜两年覆盖在河套灌区盐渍化土壤上的应用研究鲜有报道。

收稿日期: 2019-12-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(31000692, 31871584); 国家重点研发计划项目(2016YFC0501302)

作者简介: 卢闯,男,主要从事盐碱地改良利用与农业信息技术研究。

E-mail: lupeichuang@163.com

通信作者: 李玉义,男,研究员,主要从事土壤耕作与盐碱地改良利用研究。E-mail: liyuyi@caas.cn

【拟解决的关键问题】基于此，本试验选取中度盐渍化土壤，研究了一膜两年覆盖对土壤水盐分布、温度变化和食葵生长的影响，以期为该地区制定科学有效的地膜减量栽培方法提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验地点位于内蒙古河套灌区五原县塔尔湖镇蛇林村一社，试验区地处 41°08'N, 107°57'E, 海拔高度 1 022 m, 属于中温带半干旱大陆性气候，全年日照时间 3 263 h, 年均温度 6.1 °C, >10 °C 的积温

3 363 °C, 无霜期 120 d, 年平均降水量为 176.4 mm, 年平均蒸发量为 2 056.1 mm。2011 年 10 月—2012 年 5 月休闲期降水 25.9 mm, 蒸发 1 050.8 mm; 2012 年 5—10 月作物生育期内降水 310.5 mm, 蒸发 1 030.6 mm。试验区 0~100 cm 层土壤为粉砂壤土, 按盐土分类为氯化物-硫酸盐土, 0~40 cm 土层平均体积质量为 1.45 g/cm³, 土壤孔隙度 53.87%, 田间持水率为 28.17%, 有机质量 9.54 g/kg, 全氮量 0.51 g/kg, 碱解氮量 31.89 mg/kg, 速效磷量 3.09 mg/kg, 速效钾量 118.93 mg/kg。生育期内地下水埋深变幅为 1.10~1.70 m。0~40 cm 各土层土壤盐分及离子组成见表 1。

表 1 试验区基础土壤盐分量与离子组成

采样深度/cm Sampling depth	pH 值	全盐 Total salt	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺
0~5	8.77	2.87	0.006 7	0.077	0.74	0.94	0.06	0.110	0.94
5~20	8.11	1.56	0.010 0	0.16	0.36	0.43	0.03	0.045	0.53
20~40	8.03	1.16	0.005 0	0.14	0.26	0.315	0.04	0.025	0.38

1.2 试验设计

试验于 2011 年 10 月—2012 年 10 月进行，食葵生长季为 2012 年 6 月 2 日—9 月 25 日，设置 CT(秋季翻耕春季覆新膜), NT(秋季留膜免耕) 2 个处理，采用大区试验，每个处理占地 0.2 hm², 大区之间设置田埂和 5 m 保护行。

2011 年食葵生长季统一采用 70 cm 宽, 0.008 mm 厚的农用塑料薄膜覆盖地表，膜间距 20 cm, 膜间地表裸露。2011 年 10 月食葵收获后，CT 处理回收地膜并翻耕土壤，NT 处理保留地膜免耕，尽量保持膜的完整性。

2012 年 5 月 27 日进行春灌，灌溉方式为大水漫灌，根据灌溉脱盐效率和地下水深度确定灌水量为 1 850 m³/hm², 灌溉水源为黄河水(矿化度为 0.58 g/L、pH 值 8.23)，灌溉后 CT 处理覆相同规格新膜，NT 处理沿用旧膜。播种前条施底肥，施入尿素(含 N 46.4%)270 kg/hm², 磷酸二铵(含 P₂O₅ 45%, N 15%) 300 kg/hm², 硫酸钾(含 K₂O 50%) 150 kg/hm², 在膜外开沟 10 cm 施肥后覆土。2012 年 6 月 2 日人工点播，供试验作物为食用向日葵(*Helianthus Annuus*)，品种为 LD5009，一膜两行种植，株距 48.5 cm, 种植密度 37 000 株/hm²; 9 月 25 日收获测产，其他田间管理与当地农户一致。

1.3 样品采集与分析

1.3.1 土壤水盐量

2012 年食葵收获后利用环刀法测定剖面土壤体积质量，CT 处理 0~5、5~10、10~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 体积质量分别为 1.47、1.46、1.45、

1.50、1.46、1.48、1.49 g/cm³, NT 处理则分别为 1.55、1.51、1.48、1.45、1.44、1.48、1.50 g/cm³。

2012 年食葵播种前和收获后，利用不锈钢土钻在大区内按 20 m×10 m 的单元格膜下取土，取样层次为 0~5、5~10、10~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm, 采用烘干法测定土壤质量含水率；风干土磨碎后过 2 mm 筛，以 1:5 土水比提取土壤浸提液上清液，用 DDS-307 电导率仪测定浸提液电导率，根据式(1)将电导率转化为土壤含盐量：

$$S = EC_{1:5} \times 0.064 \times 5 \times 10 / 1\ 000, \quad (1)$$

式中：S 为土壤含盐量(g/kg)；EC_{1:5} 为土水比 1:5 下的电导率(μS/cm)；0.064 为换算系数。

使用式(2)计算 0~100 cm 土壤贮水量：

$$SWS = h \times \rho \times W \times 0.1, \quad (2)$$

式中：SWS 为单位面积的 1 m 土体土壤贮水量(mm)；h 为土壤深度(cm)；ρ 为土壤体积质量(g/cm³)；W 为土壤含水率(%)。

根据式(3)计算 0~100 cm 土壤储盐量：

$$SSS = h \times \rho \times S \times 10, \quad (3)$$

式中：SSS 表示单位面积(1 m²) 1 m 土体中储存的盐分量(g)。

1.3.2 地温测定

使用插入式地温温度计，从 6 月 9 日开始每隔 3 天测定 1 天中 06:00 和 14:00 的不同处理 5、10、15、20 cm 深度土壤温度。

1.3.3 农艺性状

分别于 2012 年 6 月 12 日和 21 日统计出苗率和成苗率，CT、NT 处理食葵出苗率分别为 98%、96%，

成苗率分别为97%、94%。在2012年的7月21日、8月1日、8月19日、9月16日分别测定株高、茎粗、盘径、叶面积、地上和地下部干质量,代表食葵蕾期、盛花期、灌浆期、成熟期农艺性状。干物质质量测定先在105℃下置烘箱内杀青,然后在80℃恒温条件下烘烤至恒质量后称质量。

1.4 数据处理

数据采用 Micro Office Excel 2013 进行基本数据处理,采用 SPSS 13.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 一膜两年覆盖对土壤水盐分布的影响

2012年食葵春播前,CT和NT处理土壤含水率均随土层深度的增加而增加(图1(a)),NT处理在

0~80 cm各层次的含水率均显著高于CT处理,平均含水率提高11.88%;从1 m土体贮水量来看(表2),2012年春播前CT和NT处理贮水量分别为404.28、444.35 mm,NT处理较CT处理显著提高9.91%。2012年作物收获后,CT和NT处理水分在剖面中的分布特征不一致(图1(b)),CT处理土壤含水率随土层深度波状起伏,而NT处理整体表现为随深度的增加而增大的趋势,2个处理在10~60 cm层次土壤含水率差异显著,其中在10~20 cm和40~60 cm土层NT处理分别较CT处理显著降低10.89%、11.85%,在20~40 cm土层NT处理较CT处理显著提高13.52%,此时期1 m土体总贮水量并无显著差异,CT和NT处理贮水量分别为357.65、348.12 mm(表2)。

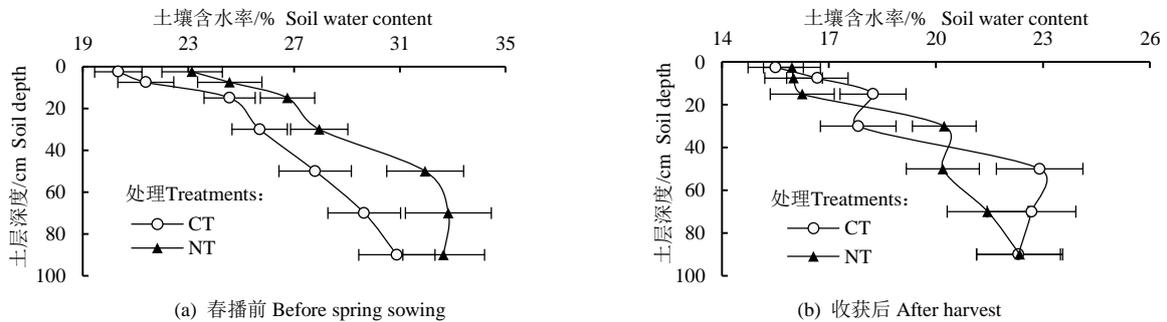


图1 2012年春播前及收获后剖面土壤含水率

Fig.1 Soil water content in profiles before spring sowing and after harvest at 2012

表2 土壤贮水量和储盐量

Table 2 Soil water storage and soil salt storage

指标 Index	处理 Treatments	春播前 Before spring sowing	收获后 After harvest
贮水量 SWS/mm	CT	404.28±19.97 b	357.65±21.06 a
	NT	444.35±16.54 a	348.12±19.49 a
储盐量 SSS/g	CT	2 200.65±237.37 a	2 767.38±296.39 a
	NT	1 411.97±59.48 b	1 603.50±168.87 b

注 SWS为1 m土体土壤贮水量; SSS为1 m²×1 m土体储盐量; 图中不同字母表示处理间差异显著(P<0.05), 下同。

Note: SWS is 1 m soil water storage capacity; SSS is 1 m²×1 m soil salt storage; Different letters in the figure indicate significant differences between treatments (P<0.05), the same as below.

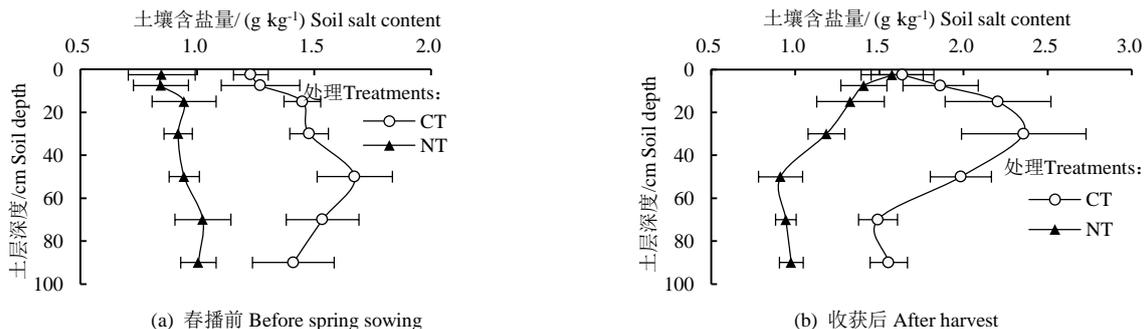


图2 2012年春播前及收获后剖面土壤含盐量

Fig.2 Soil salt content in profiles before spring sowing and after harvest at 2012

如图2(a)所示,2012年作物春播前NT处理在0~100 cm各土层的含盐量均显著低于CT处理,2012年作物收获后盐剖面分布不同,CT处理呈先增大后降低趋势,较多盐分积聚在20~40 cm土层,而NT处理盐分随土壤深度的增加总体呈降低趋势,NT处理除表层0~5 cm土层含盐量略低于CT处理未达显著水平外,5~100 cm土层含盐量均显著低于CT处理。从总储盐量来看(表2),春播前CT和NT处理在单位面积(1 m²)、单位高度(1 m)土体内的储盐量分别为2 200.65、1 411.97 g,NT处理较CT处理显著降低35.86%;收获后NT处理1 m土体总储盐量也较CT处理显著降低42.07%。

2.2 一膜两年覆盖对土壤温度的影响

食葵生长苗期和蕾期温度变化如图3所示。在夜晚散热过程中，深层土壤的热量向表层土壤传导，因此06:00时刻土壤温度总体随深度的加深而升高（图3(a)），从苗期和蕾期的温度均值来看，NT处理5、10、15、20 cm土层的温度分别较CT处理低0.9、1.0、1.2、1.3 °C。在14:00（图3(b)），土壤吸热并向下

传导热量，温度随深度的增加而降低，NT处理保温效果较弱，在5、10、15、20 cm土层的平均温度分别较CT处理低1.7、1.2、0.9、1.5 °C，但随着时间的推移，CT与NT处理间14:00时刻的温差逐渐减小，其中在6月9—24日，NT处理5 cm土层平均温度较CT处理低2.7 °C，而在7月12—27日，NT处理5 cm土层平均温度较CT处理低0.9 °C。

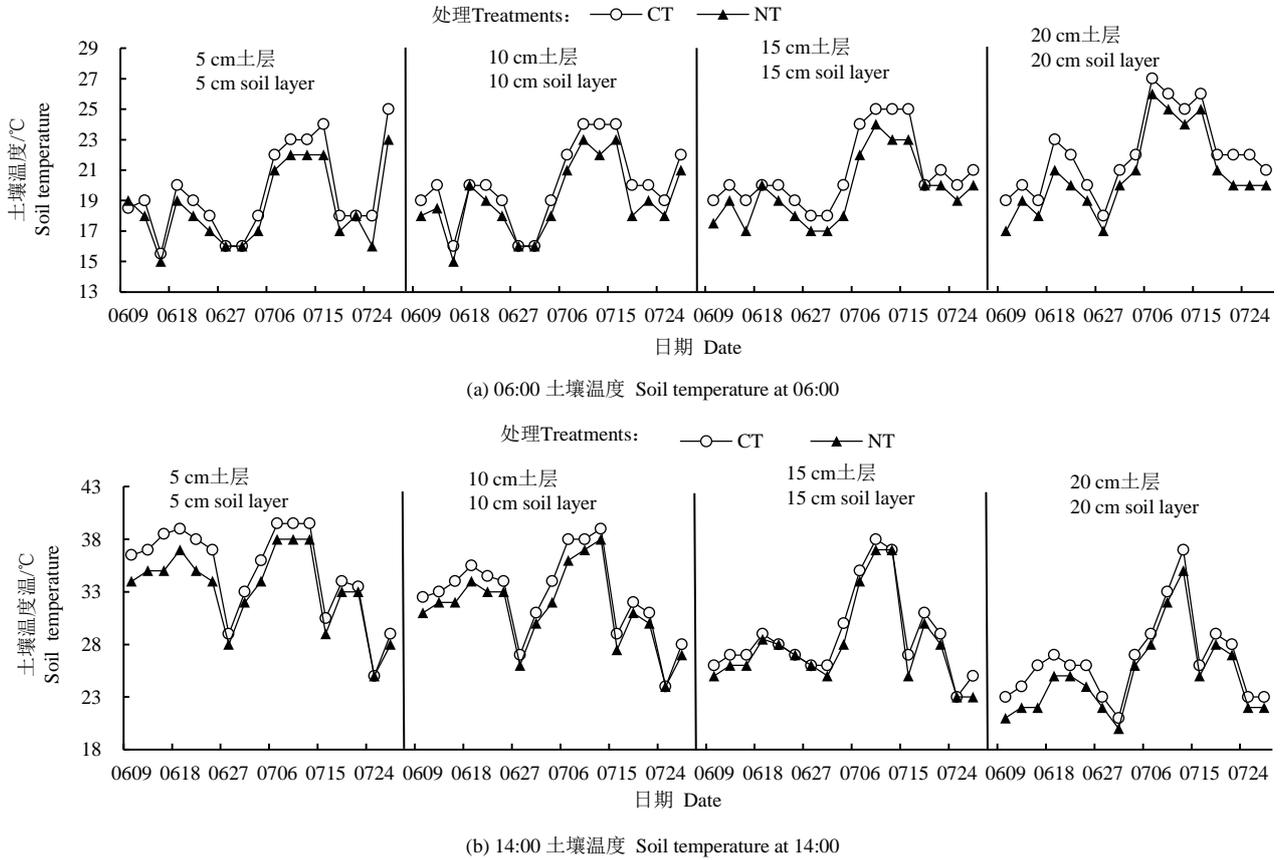


图3 不同层次土壤温度连续变化

Fig.3 Variation of soil temperature at different soil depth

表3 食葵不同时期农艺性状及干物质量

Table 3 Agronomic characters and dry matter of sunflower at different growth stage

农艺性状 Growth investigation	处理 Treatments	蕾期 Bud	盛花期 Flowing	灌浆期 Filling	成熟期 Mature
株高/cm Plant height	CT	101.50±7.66 a	125.70±8.30 a	146.10±7.30 b	152.57±10.12 b
	NT	77.33±5.23 b	123.60±7.64 a	160.40±6.27 a	173.80±9.97 a
茎粗/cm Stem diameter	CT	2.03±0.127 a	2.26±0.155 a	2.30±0.161 a	2.35±0.125 b
	NT	2.00±0.112 a	2.45±0.190 a	2.51±0.140 a	2.67±0.134 a
叶面积/cm ² Leaf area	CT	3 844.45±427.11 b	4 365.64±365.92 b	5 225.01±328.55 b	4 681.29±228.11 b
	NT	4 687.65±462.90 a	5 251.43±400.74 a	6 187.65±309.06 a	5 611.41±525.32 a
花盘直径/cm Flower diameter	CT	-	9.33±0.578 a	13.54±0.847 a	18.87±1.022 b
	NT	-	5.03±0.421 b	13.23±0.779 a	22.90±1.216 a
地上干物质/g Above ground dry matter	CT	45.59±2.44 a	93.56±4.68 a	190.66±9.69 b	245.24±12.30 b
	NT	42.17±2.21 a	98.05±5.04 a	221.71±1.28 a	288.73±14.60 a
地下干物质/g Underground dry matter	CT	11.20±0.62 a	25.60±1.35 a	39.04±2.04 b	29.04±1.45 b
	NT	8.55±0.49 b	27.91±1.48 a	43.80±2.27 a	34.33±1.72 a

2.3 一膜两年覆盖对食葵生长的影响

食葵各时期农艺性状和干物质量如表 3 所示。蕾期 NT 处理食葵株高较 CT 处理显著低 23.81%，茎粗则无显著差异；开花后 NT 处理花盘直径显著低于 CT 处理；灌浆期 NT 处理茎粗和盘径与 CT 处理无显著差异，株高、叶面积则分别较 CT 处理显著提高 9.78%、18.42%；至作物成熟期，NT 处理各方面长势均优于 CT 处理。食葵地上和地下干物质量变化趋势和农艺指标趋势基本一致。在蕾期，NT 处理由于土壤积温较低，地上、地下干物质量分别较 CT 处理低 7.51%、23.61%；开花后 CT 和 NT 干物质量无显著差异，灌浆和成熟期 NT 处理干物质量显著提高；从干物质积累速率来看，CT 处理在蕾期至花期、花期至灌浆、灌浆至成熟 3 个生长阶段的地上干物质积

累速率分别为 4.36、5.39、3.03 g/d，NT 处理则为 5.08、6.87、3.72 g/d，NT 处理作物在进入盛花期后生长加速，整个生育期来看 NT 处理地上、地下干物质积累速率分别较 CT 处理提高 23.50%、26.59%。

2.4 一膜两年覆盖产投比

表 4 为 CT 和 NT 处理经济效益。由表 4 可知 CT 处理地膜、耕作和人工投入占总投入的 39.64%，NT 处理可节约成本，每公顷减少秋翻、地膜和人工共 2 550 元，此外，免耕旧膜再利用对作物产量无显著影响，NT 较 CT 处理每公顷产量提高 72 kg，每公顷增收约 547 元，使用旧膜合计可增收 3 097 元/hm²。CT 和 NT 处理产投比分别为 3.07、4.53，秋季免耕旧膜再利用具有显著的经济效益。

表 4 不同处理经济效益

Table 4 Economic benefit of two treatments

处理 Treatments	公顷投入 Input of 1 hm ² /元							公顷产出 Output of 1 hm ² /元		产投比 Input-output ratio
	种子 Seed	地膜 Mulch	耕作 Tillage	施肥 Fertilization	灌溉 Irrigation	植保 Protection	人工 Labor	产量 Yield/kg	产值 Output/元	
CT	1 200	1 500	750	2 100	1 500	225	1 050	3 367	25 586	3.07
NT	1 200	-	-	2 100	1 500	225	750	3 439	26 133	4.53

3 讨论

3.1 盐碱地一膜两年覆盖与土壤环境、作物生长

河套灌区从秋收至翌年春播有长达 7 个月之久的休闲期，在此期间，受地下水位和气候变化的影响，区域土壤盐分呈现“春积秋返”的季节性变化特征，该地区传统的秋季回收地膜并翻耕的方法提高了秋浇淋盐效率，但同时也造成了大量地膜残留，而且地表长期裸露增加了水分无效蒸发，促进了盐分上行，尤其是在春季，表层土壤强烈积盐使作物出苗立苗受到盐分胁迫^[10-11]，因此降低春播时期的土壤积盐对作物正常生长具有重要意义。梁建财等^[12]研究表明，秋季休闲期将秸秆覆盖地表，次年春玉米播种时 0~40 cm 土壤含盐量降低 55.26%，0~120 cm 土壤贮水量提高了 12.11%；本研究中，秋季旧膜再利用同样具有一定的抑盐保水效果，春播前 NT 处理土壤盐分储量显著降低 35.86%，1 m 土体贮水量显著高于 CT 处理，旧膜覆盖措施保住了农田休闲期水分，同时减少了盐分的上行表聚，淡化耕层土壤，能够为作物出苗创造高水低盐的有利环境，NT 处理出苗率和保苗率分别达到了 96%、94%，在河套灌区属于较高出苗水平^[13]，但相较于 CT 处理略低，可能与前期的温度差异有关，本研究中 NT 处理 0~25 cm 土壤的保温效果弱于新膜，这主要是因为河套灌区的秋季强风容易造成地膜破损裂解^[14]，保温效果下降造成出苗阶段积

温略低。另一方面，NT 处理作物前期生长缓慢，可能也是因为旧膜降低了土壤有效积温，延长了生育进程^[15]。

在作物生长后期，随着冠层的逐渐增大，叶片相互重叠降低了太阳对地面的辐射强度，地膜的保温作用相对降低^[16]。史建国等^[15]在河套地区的试验表明，在食葵苗期以后旧膜与新膜保温增温效果并无差异；苏永中等^[17]研究也表明新膜与旧膜的温度差异主要发生在玉米拔节期前；西北绿洲灌区的研究表明^[18]，旧膜免耕玉米生长率在抽雄吐丝前较新膜处理低 18.34%，但后期旧膜玉米生长加速，在吐丝期至成熟期较新膜处理提高了 17.84%。本研究中 CT 和 NT 处理在吸热阶段的温度差异逐渐减小（图 3 (b)），从生长速率来看，CT 处理在花期、灌浆期和成熟期的地上干物质积累速率分别为 4.36、5.39、3.03 g/d，NT 处理则为 5.08、6.87、3.72 g/d，NT 处理食葵在开花后生长加速，可见温度不是食葵后期生长差异的主要影响因素。在盐碱土壤，若盐分在耕层积聚过多会全面降低作物生长性状，尤其危害根系的生长，并造成减产，因此低盐碱胁迫是作物生长、产量形成的基础^[19]，本试验条件下，受强烈蒸发的影响，水盐在夏季的运移方式以上行为主^[20]，NT 处理收获后盐分显著低于 CT 处理，这也反映出旧膜覆盖在作物生育期内仍能发挥控盐效用，减轻胁迫从而促进食葵的后期生长。充足的水分也是作物高产的必要条件。吴兵等^[21]研究表明，

旧膜直播措施较露地直播增加了胡麻田土壤贮水量，减少水分耗散，本研究中，收获期 CT 和 NT 处理总贮水量无显著差异，说明和新膜相比，旧膜的保水效应未显著下降，但剖面土壤水分分布不同，这可能是免耕改变了土壤孔隙的数量、大小分布和连通性，进而改变了水分分布^[22-23]，下一步需加强免耕旧膜覆盖对土壤水分动态变化的研究。

3.2 盐碱地一膜两年覆盖应用前景

传统的秋季回收地膜翻耕属于高投入生产模式，对机械和劳动力依赖强。免耕一膜两年覆盖措施具有一定的经济效益。苏永中等^[17]在河西走廊研究结果表明，免耕旧膜直播结合秸秆覆盖栽培方式下净收入提高 12.5%~17.1%，余秀珍等^[24]研究表明宁夏地区食葵农田一膜两用措施下产投比提高 36.17%，赵财等^[25]认为一膜两用降低了投入成本，是适于西北绿洲灌区的覆膜农田管理新技术。在河套灌区，由于近些年来劳动力的缺乏，当地出现秋收、秋翻、秋浇难的现实问题，另一方面，食葵籽粒收购价格的下降也影响了农民增收，降低农民种植积极性。本研究中，一膜两年覆盖技术由于减少了食葵收后揭膜、整地、春季覆膜等作业，降低了对劳动力的依赖，同时也减少了地膜和机械的投入成本，显著提高了产投比，有利于缓解当地的生产矛盾。一膜两用与其他栽培措施相结合的技术体系还需进一步完善，其中，食葵自出苗到封行是膜内杂草滋生时期，因此在实际推广应用过程中要注意检查，若发现地面内封闭不严，可采用压土法灭草，小草压土后 2~3 d 便会在膜内黄化枯死；此外，本研究采用的 0.008 mm 地膜经风吹日晒后易老化破碎，减弱了保温效果，应用中应选择优质塑料生产，具有较高强度的增厚型地膜，在减少破损的同时也可提高地膜回收率，满足一膜两年用需求^[26]。

4 结论

与传统的秋季翻耕春季覆新膜措施相比，秋季免耕一膜两年覆盖措施显著改善了土壤水盐环境进而促进作物生长，春播期 1 m 土体贮水量提高 9.91%，储盐量降低 35.86%；一膜两年覆盖在食葵苗期和蕾期的增温效应低于新膜，但并不影响食葵后期生长和籽粒产量的形成，产值和产投比分别提高 2.14%、47.56%，属于节本高效型生产模式。

参考文献：

[1] 王学全, 高前兆, 卢琦, 等. 内蒙古河套灌区水盐平衡与干排水脱盐分析[J]. 地理科学, 2006, 26(4): 4 455-4 460.
WANG Xuequan, GAO Qianzhao, LU Qi, et al. Salt-water balance and dry drainage desalting in Hetao irrigating area, Inner Mongolia[J].

Scientia Geographica Sinica, 2006, 26(4): 4 455-4 460.
[2] 毕远杰, 王全九, 雪静. 覆盖及水质对土壤水盐状况及油葵产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(S1): 83-89.
BI Yuanjie, WANG Quanjiu, XUE Jing. Effects of ground coverage measure and water quality on soil water salinity distribution and helianthus yield[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(S1): 83-89.
[3] 国家统计局内蒙古调查总队. 内蒙古调查年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
[4] 张建军, 郭天文, 樊廷录, 等. 农用地膜残留对玉米生长发育及土壤水分运移的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(1): 100-102.
ZHANG Jianjun, GUO Tianwen, FAN Tinglu, et al. The effect of the agricultural residual plastic film on maize growth and development and soil moisture movement[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2014, 33(1): 100-102.
[5] 辛静静, 史海滨, 李仙岳, 等. 残留地膜对玉米生长发育和产量影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(3): 52-54.
XIN Jingjing, SHI Haibin, LI Xianyue, et al. Effects of plastic film residue on growth and yield of maize[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2014, 33(3): 52-54.
[6] 本刊讯. 国家 6 部委联合印发《关于加快推进农用地膜污染防治的意见》[J]. 中国农技推广, 2019, 35(8): 82-83.
[7] 张乃旭, 赵财, 赵良霞, 等. 绿洲灌区一膜覆两年玉米的节水潜力[J]. 作物学报, 2018, 44(6): 876-885.
ZHANG Naixu, ZHAO Cai, ZHAO Liangxia, et al. Water-saving potential for biennial mulched corn with same plastic film in oasis irrigation area[J]. Acta Agronomica Sinica, 2018, 44(6): 876-885.
[8] 田雪梅, 郭瑶, 王巧梅, 等. 地膜玉米免耕轮作春小麦水氮生产力对灌水施氮水平的响应[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(7): 818-825.
TIAN Xuemei, Guo Yao, WANG Qiaomei, et al. Response of water and nitrogen productivity to irrigation and nitrogen application level of spring wheat under No-tillage and rotation with plastic film maize[J]. Journal of Triticeae Crops, 2019, 39(7): 818-825.
[9] 谢军红, 张仁陟, 李玲玲, 等. 覆膜方式对一膜两年覆盖旱地玉米籽粒产量、水分利用效率和土壤水分平衡的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(6): 1 935-1 942.
XIE Junhong, ZHANG Renzhi, LI Lingling, et al. Effects of plastic film mulching patterns on maize grain yield, water use efficiency, and soil water balance in the farming system with one film used two years[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(6): 1 935-1 942.
[10] 王志超. 农膜残留对土壤水分运移的影响及模拟研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
WANG Zhichao. Effect and simulation of soil moisture migration with residual plastic film[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017.
[11] 王婧, 赵永敢, 逢焕成, 等. 不同食葵品种萌发期耐盐性研究[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(4): 29-35.

- WANG Jing, ZHAO Yonggan, PANG Huancheng, et al. Salt tolerance of Helianthus varieties at germination stage[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2011, 29(4): 29-35.
- [12] 梁建财, 史海滨, 李瑞平, 等. 覆盖对盐渍土壤冻融特性与秋浇灌水质量的影响[J]. 农业机械学报, 2015, 46(4): 98-105.
- LIANG Jiancai, SHI Haibin, LI Ruiping, et al. Effect of mulching on salinized soil freezing and thawing characteristics and autumn irrigation quality[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(4): 98-105.
- [13] 妥德宝, 李焕春, 安昊, 等. 覆膜栽培对盐碱地向日葵产量及土壤盐分影响的研究[J]. 宁夏农林科技, 2015, 56(7): 63-64, 66.
- TUO Debao, LI Huanchun, AN Hao, et al. Effects of cultivation technology of whole plastic-film mulching on salt accumulation and yield of sunflower[J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2015, 56(7): 63-64, 66.
- [14] 李仙岳, 郭宇, 丁宗江, 等. 不同地膜覆盖对不同时间尺度地温与玉米产量的影响[J]. 农业机械学报, 2018, 49(9): 247-256.
- LI Xianyue, GUO Yu, DING Zongjiang, et al. Influence of different film mulchings on soil temperature at different time scales and maize yield[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(9): 247-256.
- [15] 史建国, 刘景辉, 闫耀非, 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.
- SHI Jianguo, LIU Jinghui, YAN Yafei, et al. Effects of re-used plastic film mulching on soil temperature and sunflower's growth, development and yield in Hetao Area [J]. Crops, 2012, (1): 130-134.
- [16] 刘凯, 谢英荷, 李廷亮, 等. 地膜覆盖对我国干旱半干旱地区土壤温度及土壤水分的影响[J]. 山西农业科学, 2019, 47(10): 1 847-1 852.
- LIU Kai, XIE Yinghe, LI Tingliang, et al. Overview of the effects of plastic film mulching on soil temperature and soil moisture in arid and semi-arid regions of China[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2019, 47(10): 1 847-1 852.
- [17] 苏永中, 张珂, 刘婷娜, 等. 免耕旧膜再利用对玉米产量及灌溉水生产力的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(5): 491-498.
- SU Yongzhong, ZHANG Ke, LIU Tingna, et al. Effects of No-tillage combined with reused plastic film mulching on maize yield and irrigation water productivity[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2016, 33(5): 491-498.
- [18] 赵财, 柴强, 殷文, 等. 不同灌水水平及一膜两年覆盖对玉米干物质积累与土壤温度的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52(1): 57-62.
- ZHAO Cai, CHAI Qiang, YIN Wen, et al. Correlation between soil temperature and dry matter accumulation of maize under no-tillage with mulch film[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2017, 52(1): 57-62.
- [19] 遆晋松, 童文杰, 周媛媛, 等. 河套灌区向日葵耐盐指标评价[J]. 中国生态农业学报, 2014, 22(2): 177-184.
- TI Jinsong, TONG Wenjie, ZHOU Yuanyuan, et al. Evaluation of salinity tolerance index of sunflower in Hetao Irrigation District[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2014, 22(2): 177-184.
- [20] 李亮, 史海滨, 赤江刚夫, 等. 内蒙古河套灌区耕地与荒地间水盐排泄规律的研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(5): 73-77.
- LI Liang, SHI Haibin, Takeo Akae, et al. Transport of soil moisture and salt between irrigated land and saline land in the Inner Mongolia Hetao irrigation district[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2010, 29(5): 73-77.
- [21] 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): 1 457-1 463.
- WU Bing, GAO Yuhong, ZHAO Li, et al. Effects of used plastic film disposal patterns on dry matter production and water use efficiency of oil flax in arid areas[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(11): 1 457-1 463.
- [22] 周虎, 李保国, 吕貽忠, 等. 不同耕作措施下土壤孔隙的多重分形特征[J]. 土壤学报, 2010, 47(6): 1 094-1 100.
- ZHOU Hu, LI Baoguo, LYU Yizhong, et al. Multifractal characteristics of soil pore structure under different tillage systems[J]. Acta Pedologica Sinica, 2010, 47(6): 1 094-1 100.
- [23] 杨永辉, 武继承, 毛永萍, 等. 利用计算机断层扫描技术研究土壤改良措施下土壤孔隙[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 99-108.
- YANG Yonghui, WU Jicheng, MAO Yongping, et al. Using computed tomography scanning to study soil pores under different soil structure improvement measures[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(23): 99-108.
- [24] 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, 54(6): 149-151.
- YU Xiuzhen, YANG Peijun, YANG Boxing. "A film with two years" No-till planting pattern effect of dry edible sunflower under the condition of double ridges whole film covering[J]. Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science and Technology, 2013, 54(6): 149-151.
- [25] 赵财, 陈桂平, 柴强, 等. 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[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(3): 1-6.
- ZHAO Cai, CHEN Guiping, CHAI Qiang, et al. Soil moisture and economic benefits of maize field by 2 years plastic film mulching under different irrigation levels[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2017, 35(3): 1-6.
- [26] 张丹, 王洪媛, 胡万里, 等. 地膜厚度对作物产量与土壤环境的影响[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(2): 293-301.
- ZHANG Dan, WANG Hongyuan, HU Wanli, et al. Effect of film thickness on crop yield and soil environment[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2017, 36(2): 293-301.

The Effects of Non-tillage Coupled with Mulching Plastic Film Reuse on Soil Water and Salt Dynamics and Sunflower Growth in Hetao Irrigation District

LU Chuang^{1,2}, JIN Cunwang³, LI Erzhen³, YANG Liuqing³, LI Jianzhong³,
WANG Jing¹, PANG Huancheng¹, LI Yuyi^{1*}

(1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China;

2. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China;

3. Agricultural and Animal Husbandry Technology Extension and Service Center of Wuyuan Country, Wuyuan 015100, China)

Abstract: **【Background】** Soil salinization is a major cause of agriculture productivity reduction in Hetao Irrigation District. Plastic film mulching has proven effective in ameliorating salt accumulation at soil surface and has been widely used. However, extensive use of plastic film could result in plastic pollution, and changing farming practices to reduce plastic film use is essential to keeping agricultural production in this region sustainable. **【Objective】** The purpose of this paper is to present an experimental study on the impact of non-tillage coupled with mulching plastic film reuse on water and salt dynamics in saline soil in Hetao irrigation district. **【Method】** The experiment was conducted in a sunflower field and consisted of two treatments: One was conventional tillage in autumn coupled with new plastic film mulching next spring (CT), and the other one was non-tillage with the mulching film in previous year reused (NT). For each treatment, we measured water and salt changes in soil, soil temperature, plant growth, and economic return. **【Result】** Compared with CT, NT increased water content in the 0~100 cm soil layer by 9.91% and reduced salt content in the 0~100 cm soil by 35.86% prior to spring sowing. While no significant difference in soil water storage was found between the two treatments after harvest, NT reduced soil salt content by 35.86%. NT also significantly offset the warming effect at the bud and flowering stages due to the increased soil water, with the mean soil temperature reduced by 0.9 °C at 6.00am and 1.5 °C at 14 pm, compared with CT. As plant grew, the difference in temperature at 14 pm between the two treatments narrowed. The crop grew slowly at bud stage under NT, with plant height and root biomass reduced by 23.81% and 23.61%, respectively, compared with CT, but crop growth picked up at flowering stage. From flowering stage to mature, the accumulating rate of the above- and below-ground biomasses under NT increased by 23.50% and 26.59% respectively compared to CT, with the yield almost unchanged despite the plastic film reuse and the reduced labor input. The ratio of output to input for CT and NT was 3.07 and 4.53 respectively. **【Conclusion】** Reusing the mulching plastic film coupled with non-tillage in Hetao irrigation district is an effective cultivation not only to reduce costs without comprising yield but also to alleviate soil erosion.

Key words: reuse of mulching plastic films; saline soil; soil water and salt dynamics; sunflower yield

责任编辑：赵宇龙