

DOI: 10.11766/trxb201212300536

地膜覆盖结合秸秆深埋对土壤水盐动态影响的微区试验*

赵永敢¹ 李玉义¹ 胡小龙² 王婧¹ 逢焕成^{1†}

(1 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/农业部面源污染控制重点实验室, 北京 100081)

(2 石河子大学农学院/新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆石河子 832003)

摘要 为了研究地膜覆盖结合秸秆深埋(简称上膜下秸, P+S)措施对内蒙古河套灌区盐碱障碍土壤的水盐调控机制,进行了微区试验,以翻耕(T)、地膜覆盖(P)和秸秆深埋(S)为对照,对比分析了不同耕作措施下食葵生育期内土壤水盐时空动态变化。结果表明:(1)P+S处理能显著增强耕层(0~40 cm)土壤蓄水能力并可持续保墒,播种时其耕层土壤含水率分别较T、P和S处理高5.13%、3.49%和1.99%,食葵生长前期分别高5.01%、5.87%和2.70%,生长中期也分别高7.53%、11.02%和6.16%。(2)P+S处理对耕层土壤具有显著且长效的控盐抑盐效果,播种时其含盐量分别较T、P和S处理低18.37%、20.33%和1.90%,食葵生长前期分别低45.46%、37.63%和39.67%,生长中期分别低17.89%、29.77%和37.22%,生长后期也分别低14.46%、13.90%和19.88%。(3)P+S处理可显著降低单位土体积盐量,淡化耕层作用尤为明显。总之,P+S可调控、优化土壤水盐分布,为食葵生长创造良好的土壤环境,促进食葵生长发育。

关键词 秸秆隔层;地膜覆盖;水盐调控;盐碱土

中图分类号 S156.4 **文献标识码** A

我国盐碱耕地面积达920.9万 hm^2 ,占全国耕地面积的6.62%^[1],同时还有大面积的潜在盐渍化土壤,严重制约了我国农业可持续发展。多年来,科技工作者多从物理、化学、生物和综合措施等多方面不断研究和探索盐碱土的改良方法^[1-3],包括淡水淋洗压盐、客土转移、耐盐植物的种植和土壤调理剂的使用等^[4-7]。盐碱耕地大多位于干旱半干旱区、水资源短缺区,土壤类型和气候环境复杂多变,受人类影响明显,利用不当易导致土壤退化和生产力水平降低^[1]。有些地区将灌水洗盐排盐作为主要改良措施,但未配套健全的灌排系统,极易导致地下水位上升,造成土壤次生盐渍化。因此在盐碱耕地资源的开发利用过程中,在合理灌排的基础上,降低农田土壤水分蒸发、提高水资源利用率和减轻盐分表聚具有重要意义。

通过科学合理的土壤耕作管理措施,可协调土壤中水、肥、盐、气、热之间的关系,为作物生长发育

创造适宜的土壤环境,达到高产、稳产^[8-10]。前人研究表明,深耕和深松措施能有效降低经过淋洗改良的盐碱耕地的含盐量,改善土壤理化性状^[11-12];地表覆盖(包括地膜覆盖和秸秆覆盖)可减少土表蒸发,保水抑盐,改善土壤水热状况,活化土壤养分,提高作物产量^[13-16]。也有研究表明,在地下35 cm深处设置砂层可降低潜水蒸发,抑制土表返盐^[17-18];在地下20 cm或30 cm深处设置秸秆隔层可提高深层土壤含水率,阻隔盐分上行,防止根层盐化^[19-22]。这些研究成果大多数只注重地表覆盖或地下埋设隔层等单项措施,而将地表覆盖、地下隔层与深耕、深松等相结合的耕作措施的研究报道鲜见。此外,相关研究大都是在土柱模拟试验和大田试验条件下取得的,田间微区试验的研究结果较少,且秸秆隔层的存在对土壤水盐运移的影响,以及地膜覆盖结合秸秆深埋措施对土壤水盐的调控机制还需要进一步研究。为此本文在内蒙古河套

* 国家自然科学基金项目(31000692)、公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2011-9)资助

† 通讯作者, E-mail: hcpang@caas.ac.cn

作者简介: 赵永敢(1984—),男,云南昌宁人,博士研究生,主要从事盐碱地资源利用研究。E-mail: zygswu@163.com

收稿日期: 2012-12-30; 收到修改稿日期: 2013-03-23

灌区通过微区试验,对比分析翻耕、地膜覆盖、秸秆深埋和地膜覆盖结合秸秆深埋(简称上膜下秸)4种耕作措施对食葵生育期内土壤水盐运移动态的影响,以期为河套灌区盐碱土资源的改良利用提供理论和生产实践指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于河套灌区五原县隆兴昌镇义长灌域管理局试验站,处于北纬 $41^{\circ}04'$,东经 $108^{\circ}00'$,海拔 $1\,022\text{ m}$ 。属中温带季风气候带,全年日照时数 3

263 h ,年均温 $6.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的积温 $3\,362\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期 $117\sim 136\text{ d}$ 。降水大多集中在夏秋两季,年蒸发量较大,蒸降比较高,冬春季地表返盐较为严重。试验区 $0\sim 100\text{ cm}$ 土壤为粉砂壤土,按盐土分类为氯化物—硫酸盐土,平均容重为 $1.45\sim 1.53\text{ g cm}^{-3}$,食葵生育期内地下水埋深变幅为 $1.1\sim 1.7\text{ m}$ 。试验区基础土壤含盐量与离子组成见表1。

2011年试验区总降水量为 76.3 mm ,较常年平均降水量偏低。其中食葵生育期内总降水量为 55.5 mm ,约占全年降水量的 72.74% 。食葵生育期内降雨情况见图1。

表1 试验区基础土壤含盐量与离子组成

Table 1 Initial soil salt content and ion composition of the salt in the experimental field

采样深度 Sampling depth (cm)	pH	全盐 Total salt (g kg^{-1})	离子组成 (cmol kg^{-1})							$\text{Cl}^{-}/\text{SO}_4^{2-}$	$(\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}) / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$
			CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$		
0~5	9.77	8.61	0.05	0.35	6.25	5.90	0.90	2.60	9.05	1.06	2.59
5~20	9.11	3.12	0.05	0.50	2.03	1.80	0.30	0.70	3.38	1.13	3.38
20~40	8.83	2.31	0.03	0.43	1.47	1.32	0.40	0.42	2.42	1.11	2.95

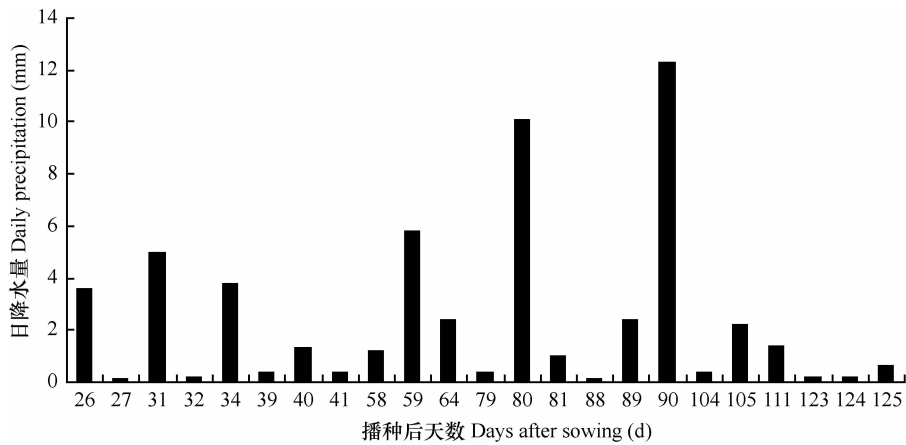


图1 食葵生育期间降水量

Fig. 1 Distribution of precipitation during the sunflower growing period

1.2 试验设计

微区于2010年10月修建,每个微区面积 $1.8\text{ m} \times 1.8\text{ m} = 3.24\text{ m}^2$ 。先将各微区四周开槽深挖至 1 m 处,用双层塑料布阻隔,保证微区间的独立性,中间空隙用土填实。每个微区上部四周用长 40 cm 、高 60 cm 混凝土预制板围砌(外露 20 cm ,下埋 40 cm),地表出露部分用水泥硬化。微区内土壤没有扰动, $40\sim 100\text{ cm}$ 土层含盐量相对一致,为保证

试验条件的一致性,将 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层含盐量均通过人工方法调至 4 g kg^{-1} 。即于2010年秋浇前每个微区均取 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层8个点土样混合,并测定其盐分作为基础值,然后根据基础值和目标值(4 g kg^{-1}),添加盐结皮(结皮盐分类型和含量经混匀后完全一致),均匀撒在地表并用耙挡平。

试验设翻耕(T)、地膜覆盖(P)、秸秆深埋(S)和上膜下秸(P+S)4个处理,每个处理重复3次,随

机区组排列(图2)。其中S和P+S处理在秸秆埋设前先将微区内土壤用铁锹按0~20 cm和20~40 cm层依次取出,分开放置,然后将约10 cm长的玉米秸秆均匀铺设在距土表40 cm深处,铺设厚度约5 cm(压实前厚度),最后将挖出的土壤按原层次逐层回填、压实。试验布置完毕,立即进行秋浇压盐,每个微区灌溉定额均为 0.60 m^3 (合 $1850 \text{ m}^3 \text{ hm}^{-2}$),用黄河水(矿化度为 0.58 g L^{-1})灌溉,用水表计量。

2011年5月开始种植作物,供试验作物为食葵(*Helianthus annuus* L.),品种为LD5009。5月11日定额灌溉黄河水,灌水量为 $1850 \text{ m}^3 \text{ hm}^{-2}$ 。播前2 d对各微区进行人工耕翻,深度约20 cm。耕翻后松

土施肥,所施肥料均为尿素(含N 46%)、磷酸二铵(含N 18%, P_2O_5 46%)、硫酸钾(含 K_2O 50%),用量分别为 $\text{N } 180 \text{ kg hm}^{-2}$, P_2O_5 120 kg hm^{-2} , K_2O 75 kg hm^{-2} ,均作为底肥一次性条施,用松土将肥料盖住。此后进行地表覆盖,其中,T和S处理地表不覆盖,P和P+S处理地表用80 cm宽的农用塑料薄膜分两行覆盖,膜间距20 cm,膜间地表裸露。5月27日播种,9月28日收获。人工点播,每微区4行,每行3株,穴距45 cm,行距60 cm,穴口均用细砂盖住,每 hm^2 种植约37 000株。食葵生育期内不再进行灌水和施肥,其他管理措施与当地农户一致。

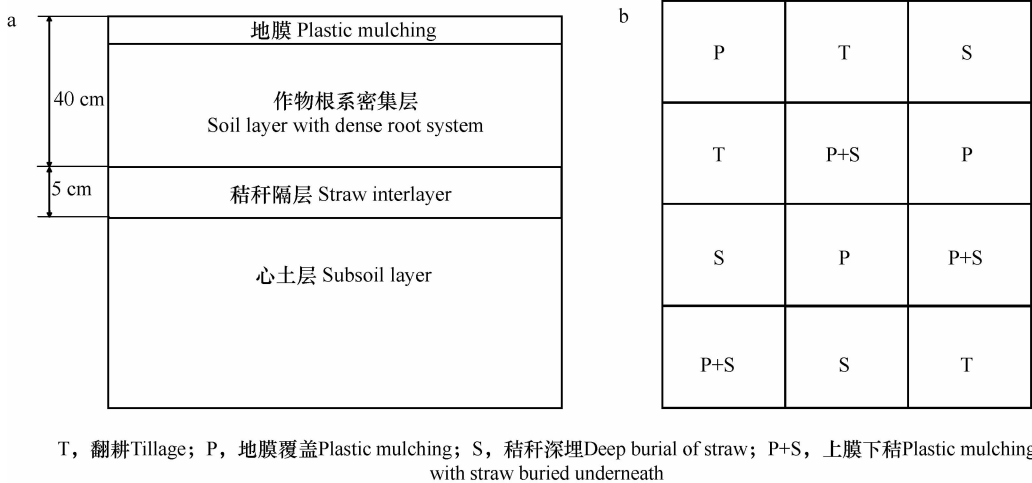


图2 上膜下秸措施结构示意图(a)和微区各处理分布图(b)

Fig. 2 Sketch of the plot with plastic mulching and buried straw (a) and layout of the treatments in the field (b)

1.3 样品采集与分析

用自制不锈钢土钻于两行食葵中间位置取土样,其中P和P+S处理在膜内取样,T和S处理在相同位置取样。从播种时(5月27日)开始取土,作为生育期初始值,此后每隔15 d取一次土样,遇上下雨天时延迟1~2 d取土,直至播后125 d(9月28日)取收获时土样。每次取样深度均为1 m,分为0~5、5~10、10~20、20~40、40~60、60~80和80~100 cm共7层。取样后测定土壤含水率和含盐量,土壤含水率测定采用烘干法,为重量含水率;风干土磨碎后,过2 mm筛,以1:5的土水比提取土壤浸提液上清液,用DDS-307电导率仪测定土壤浸提液电导率。

1.4 数据处理

将不同层次的土壤浸提液电导率转化为土壤含盐量,计算公式如下^[23]:

$$S_i = Ec_{1:5} \times 0.064 \times 5 \times 10 / 1000 \quad (1)$$

式中, S_i 为第*i*土层含盐量(g kg^{-1}); $Ec_{1:5}$ 为土水比为1:5的土壤浸提液电导率。

计算不同生育时期的单位土体积盐量采用如下公式:

$$S = \sum (A \times H \times D_i \times S_i) \quad (2)$$

式中, S 为土体积盐量(kg); A 为各微区面积(3.24 m^2); H 为土层厚度(cm); D_i 为第*i*土层容重(g cm^{-3}),在文中计算时0~40 cm和40~100 cm土层容重分别取 1.45 g cm^{-3} 和 1.50 g cm^{-3} ; S_i 为第*i*土层含盐量(g kg^{-1})。

1.5 统计分析

试验数据用Microsoft Excel 2003进行基本处理,采用SUFER 8.0软件进行网格化处理生成等值线图,DPS v6.85版进行统计分析,单因素方差分析采用LSD法。

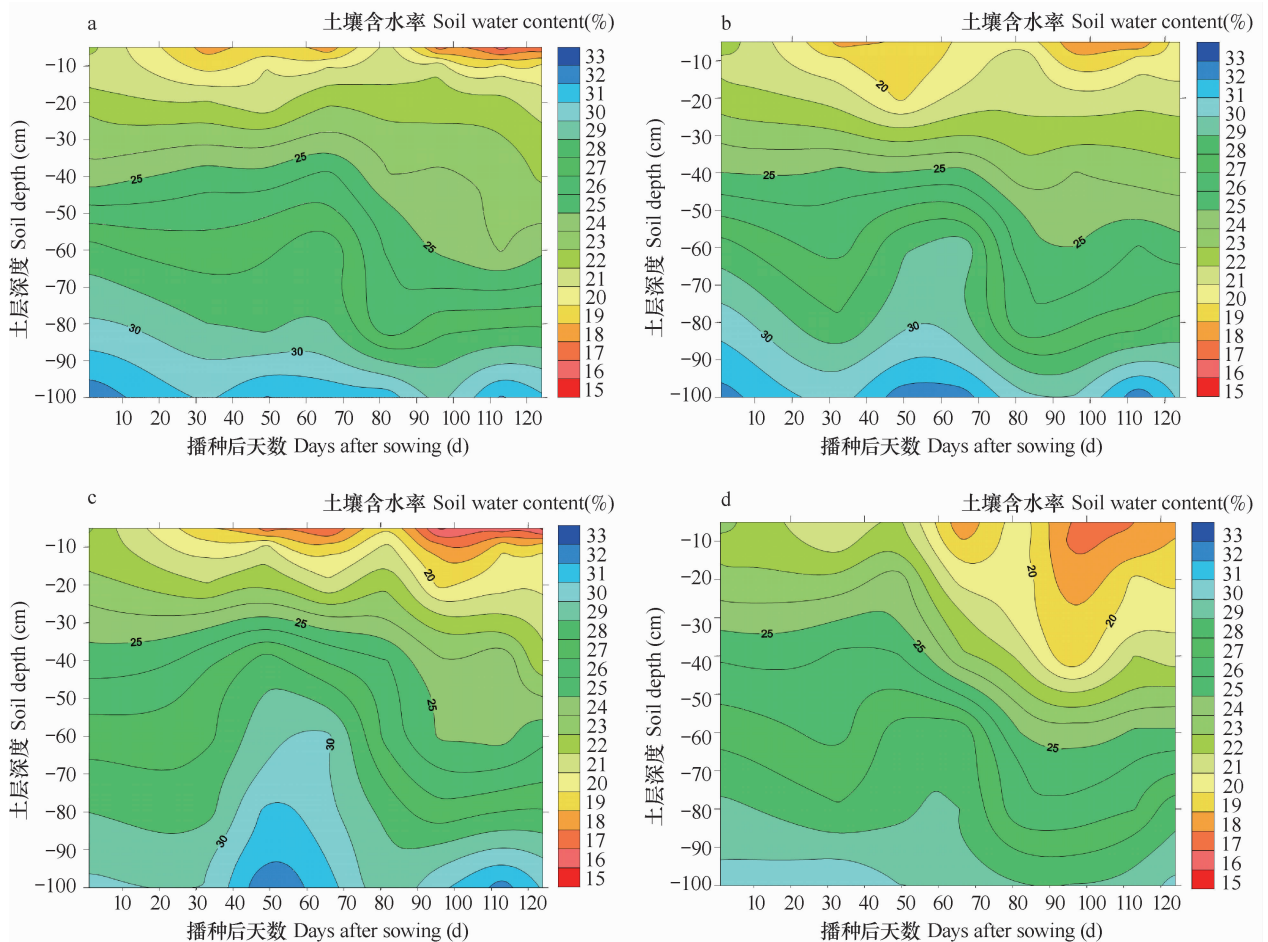
2 结 果

2.1 地膜覆盖结合秸秆深埋对剖面土壤含水率的影响

图3是各处理在食葵生育期内剖面土壤含水率的等值线分布情况。可以看出,食葵生育期内各处理土壤含水率动态总体表现为随土层深度增加而升高,随生育期推移而降低。

各处理对0~40 cm土层的蓄水保墒效果不同,对食葵生长需水的满足程度也有差异,其中P+S处理表现出较好的蓄水保墒效果。灌水后,P+S处理可将灌水蓄积在0~40 cm土层,使其在播种时的初

始含水率分别较T、P和S处理高5.13%、3.49%和1.99%。播种后,P+S处理具有持续保墒作用,在食葵生长前期和中期明显提高了0~40 cm土层含水率。表现为:在播后30 d时P+S处理0~40 cm土层含水率分别较T、P和S处理高5.01%、5.87%和2.70%;在播后50 d时分别较T、P和S处理高7.53%、11.02%和6.06%。这为食葵苗期、蕾期等关键需水期的生长提供了水分保障,促进了食葵生长发育。播后80 d,进入食葵生长后期,降水量增加,可有效补充土壤水库,使各处理表层(0~20 cm)土壤含水率有所增加,导致处理间0~40 cm土层含水率差异减小。此后,各处理0~40 cm土层含水率均迅速降低。



a.翻耕Tillage (T), b.地膜覆盖Plastic mulching (P), c.秸秆深埋Deep burial of straw (S), d.上膜下秸Plastic mulching with straw buried underneath (P+S)

图3 各处理在生育期内的剖面土壤含水率分布

Fig. 3 Distribution of soil water content during the sunflower growing period as affected by treatment

在40~100 cm土层处,各处理土壤含水率差异相对较小。食葵生长前期,P+S处理埋设的秸秆隔层的蓄水作用减缓了水分向较深土层迁移,隔

层内部贮存的水分对周围土层有明显影响,可提高40~60 cm土层含水率,因而其60~100 cm土层含水率要低于无秸秆隔层的T和P处理,但与同样埋

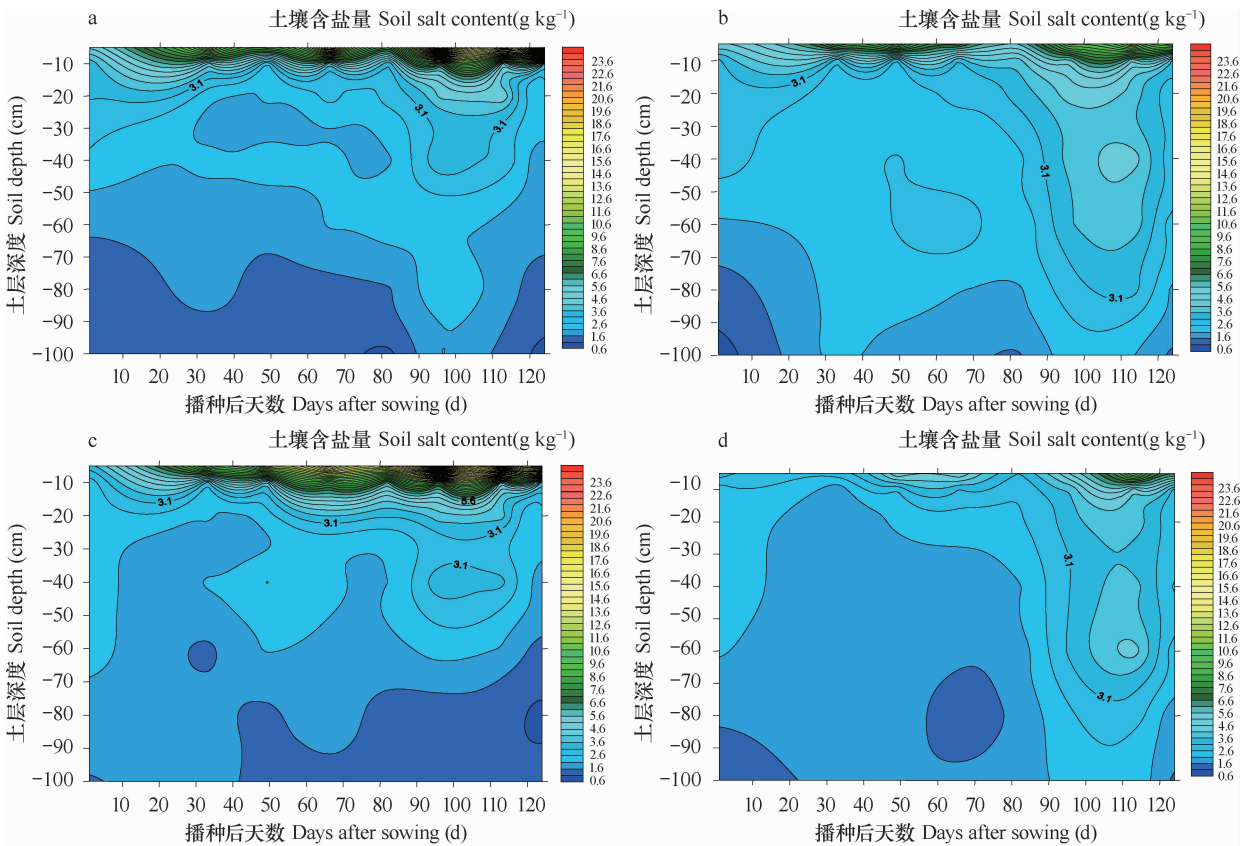
设秸秆隔层的 S 处理差异不大。食葵生长中期,土壤蒸发量和植株生长耗水量增加,土壤水势梯度加大,底层土壤水在毛管力作用下向上运移,因此在播后 50~70 d 时,各处理在 60~80 cm 土层处形成水分高值区。此时, P+S 处理 40~100 cm 土层含水率要低于 T、P 和 S 处理,这主要是由于 P+S 处理埋设的秸秆隔层切断了土壤毛管,其地表覆盖的地膜降低了土壤垂直蒸发,浅层地下水对底层土壤的补给减少,且当毛管水上升到达隔层后,非饱和土壤水无法穿过隔层,水分上行受抑制,从而导致其高值区内含水率要低于其他处理。进入食葵生长后期,各处理 40~100 cm 土层含水率迅速降低。

2.2 地膜覆盖结合秸秆深埋对剖面土壤含盐量的影响

图 4 是各处理在食葵生育期内剖面土壤含盐量的等值线分布情况。可以看出,在食葵生育期内,

各处理土壤含盐量动态总体表现为随土层深度增加而降低,随生育期推移而升高。

在 0~40 cm 土层处,各处理的控盐抑盐效果不同,对降低食葵生育期盐害的效果也有差异,其中 P+S 处理表现出较好的控盐抑盐效果。灌水时, P+S 处理可提高灌溉水对 0~40 cm 土层盐分的淋洗效果,使其在播种时的初始含盐量分别较 T、P 和 S 处理低 18.37%、20.33% 和 1.90%。播种后, P+S 处理具有持续控盐抑盐作用,在整个食葵生育期内明显降低了 0~40 cm 土层含盐量。表现为:在播后 30 d 时 P+S 处理 0~40 cm 土层含盐量分别较 T、P 和 S 处理低 45.46%、37.63% 和 39.67%;在播后 50 d 时分别较 T、P 和 S 处理低 17.89%、29.77% 和 37.22%;在播后 110 d 时也分别较 T、P 和 S 处理低 14.46%、13.90% 和 19.88%。可见, P+S 处理可为食葵根系生长创造低盐环境,有效降低了土壤盐害。



a.翻耕Tillage (T), b.地膜覆盖Plastic mulching (P), c.秸秆深埋Deep burial of straw (S), d.上膜下秸Plastic mulching with straw buried underneath (P+S)

图 4 各处理在生育期内的剖面土壤含盐量分布

Fig. 4 Distribution of soil salt content during the crop growing period as affected by treatment

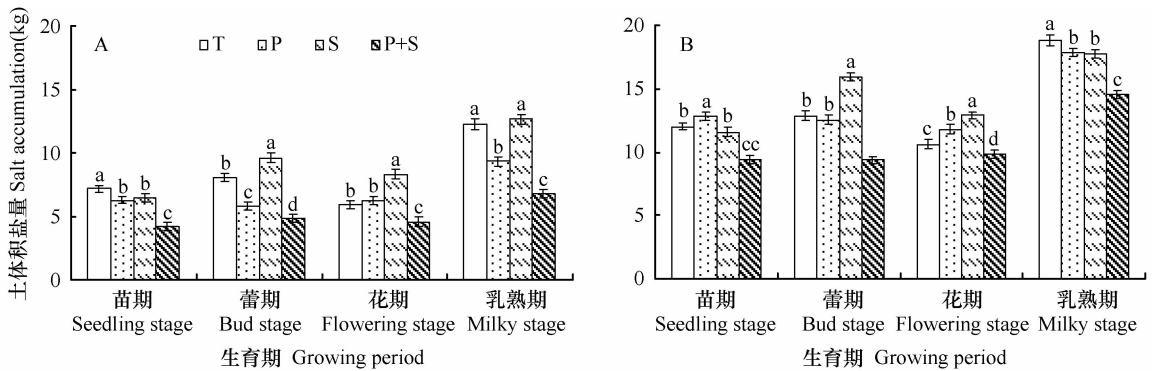
在 40 ~ 100 cm 土层处,各处理土壤含盐量差异相对较小,处理间差异在食葵生育后期才逐渐体现,且主要与秸秆隔层的存在密切相关。食葵生长前期,秸秆隔层主要起到增加盐分淋洗效果和降低耕层土壤含盐量的作用,隔层以上土层中的盐分充分溶解后随水分下渗至底层土壤中,因此 P + S 处理在 40 ~ 60 cm 土层处的含盐量要低于 T 和 P 处理,而 60 ~ 100 cm 土层则呈相反态势,但与 S 处理差异不大。食葵生长中期和后期,秸秆隔层主要起到隔盐作用。在蒸发作用下,T 和 P 处理底层土壤和地下水中的盐分可随水分迁移而上行;S 处理土表蒸发强烈,秸秆层内的水汽扩散较快,底层土壤盐分也不断向秸秆隔层附近聚集;而 P + S 处理在秸秆隔层和地表覆膜的双重抑制作用下,有效地阻止了盐分上行,可将盐分控制在秸秆层以下土层中,从而导致其 40 ~ 100 cm 土层含盐量要高于其他处理。

2.3 地膜覆盖结合秸秆深埋对单位土体盐量的影响

对比分析单位土体盐量的动态变化,可以明确不同耕作处理的控盐抑盐效果及其主要作用时期。图 5 是各处理在苗期(6月29日)、蕾期(8月1日)、花期(8月17日)和乳熟期(8月31日)时 40

cm 土体和 100 cm 土体盐量的动态变化。可以看出,各处理差异显著,其中 P + S 处理可显著降低 40 cm 和 100 cm 土体生育期积盐量,抑盐效果最为显著;P 处理主要可降低 40 cm 土体盐量;T 和 S 处理土壤返盐较快,单位土体盐量也较大。

从图 5 还可以看出,在食葵不同生育期,P + S 处理与 T、P 和 S 处理单位土体盐量的差异也不同。苗期,P + S 处理 40 cm 土体盐量分别较 T、P 和 S 处理低 40.84%、32.53% 和 34.60%,100 cm 土体也分别低 21.54%、26.82% 和 18.75%。蕾期,T 和 S 处理盐分表聚严重,底层土壤也在不断积盐,二者与 P + S 处理的差异呈增加趋势;而 P 处理可在一定程度上抑制盐分表聚,其 40 cm 和 100 cm 土体盐量与 P + S 处理的差异均有所减小。花期,受降雨影响,T 和 S 处理单位土体盐量较蕾期有所减小,二者与 P + S 处理的差异也呈减小趋势;此时 P 处理与 P + S 处理积盐量的差异表现为 40 cm 土体有所增加而 100 cm 土体有所减小。至乳熟期,T、P 和 S 处理的单位土体盐量迅速增加,P + S 处理也有所增加,但其 40 cm 土体盐量仍较 T、P 和 S 处理分别低 45.03%、27.64% 和 46.63%,100 cm 土体也分别低 22.63%、18.49% 和 17.91%。



注:不同小写字母表示处理间差异显著 ($p < 0.05$) Note: Different lowercase letters mean significant difference between treatments at 0.05 level

图 5 各处理在不同生育期内 40 cm (A) 和 100 cm (B) 土体盐量

Fig. 5 Salt accumulation in the 0 ~ 40 cm (A) and 0 ~ 100 cm (B) soil layers during the crop growing period as affected by treatment

3 讨论

耕作方式可改变耕层土壤结构,导致土壤水分状况存在差异^[24],土壤盐分随水分运动而迁移。在土壤中埋设秸秆隔层,改变了土体构型,切断了土壤毛管,导致土壤水分入渗和蒸发过程受影响,从而使盐分在土壤中的分布发生改变。相关研究表

明^[19-22],秸秆隔层的存在可减缓重力水入渗速率,延长积水在秸秆层以上土体的蓄积时间,同时能降低潜水蒸发,减少了底层盐分向土壤表层运移。在本试验中,埋设秸秆隔层的 P + S 和 S 处理在灌水时水分入渗速率明显低于 T 和 P 处理,这使得耕层土壤中的可溶性盐得到充分溶解,提高了盐分淋洗效率,增加了 0 ~ 40 cm 土层含水率的同时也降低了土壤含盐量。试验结果显示,P + S 处理 0 ~ 40 cm

土层含水率显著高于 T 和 P 处理,而含盐量要显著低于 T 和 P 处理。由于播种时距地表覆膜时间较短,因此 P+S 和 S 处理的剖面土壤含水率和含盐量差异相对较小。

秸秆深埋必须结合地膜覆盖才能发挥秸秆深埋措施的蓄水控盐作用,以及地膜覆盖措施的保水抑盐效果。试验结果显示,P+S 处理从播种开始一直保持“高水低盐”环境,至播后 50 d 时其 0~40 cm 土层含水率仍明显高于其他处理,且在整个生育期内均能使 0~40 cm 土层保持较低的含盐量,从而有效地满足了食葵关键生育期需水,降低盐害,促进食葵生长发育。而单纯秸秆深埋措施(S 处理)土表蒸发量大,土壤水散失较快,土壤抑盐效果降低;单纯地膜覆盖措施(P 处理)的底层土壤和地下水中的盐分能在其提水保墒作用下随水分向上迁移至耕层,控盐效果不佳;单纯翻耕措施(T 处理)蓄水保墒和控盐抑盐效果最差。

作物种植条件下,土壤水盐运移还受降雨和作物生长耗水等因素的影响。不同耕作措施的土表对降雨的接收能力不同,导致对土壤水库的补给和水盐运移的差异。在本试验中,P+S 和 P 处理由于地表覆膜,降水对土壤的直接补给面积减小,膜内土壤含水率的提高需要通过土壤水分的侧向运移作用来完成,因此降低了降水对土壤水库的补给作用;而 T 和 S 处理地表裸露,降雨能直接作用于土表,对土壤含水率影响相对较大。与此同时,降雨对表层土壤盐分的淋洗作用也有差异,其中 P+S 处理和 P 处理裸露处的土壤盐分部分可随水分的侧向运移向膜内迁移,从而增加了膜下土壤含盐量;而 T 和 S 处理地表裸露,土壤水分和盐分对降雨与蒸发作用反映敏感,增加了表层土壤水分和盐分含量的异变性。此外,不同耕作措施为食葵生长提供的土壤环境差异导致食葵植株长势不同,同期植株生长对土壤水分的消耗量也不同,也会导致土壤水分和盐分含量的差异。P+S 和 P 处理地表覆膜使食葵生育期较不覆膜的 T 和 S 处理提前 3~5 d,尤其是 P+S 处理,植株长势明显优于其他处理,因此其对耕层土壤水分消耗量也较大,而秸秆隔层的存在阻碍了底层土壤水分对耕层的补给,加之土壤蒸发损耗,从而导致 P+S 处理 0~40 cm 土层含水率在食葵生长后期(播后 100 d 左右时)明显低于其他处理。但此时 P+S 处理 0~40 cm 土层含盐量明显低于其他处理,为食葵生长提供较低的土壤盐溶液系统,且食葵已趋于成熟,对产量的形成影响

不大。

在农业生产中,降低或稳定土壤含盐量均能减轻盐分对作物生长的胁迫,提高作物的耐盐适应性^[25]。作物生长前期最为关键,出苗、保苗和成株是决定产量高低的首要因素。在本试验中,P+S 处理的单位土体积盐量从苗期至蕾期基本稳定,且整个生育期内显著低于 T、P 和 S 处理,40 cm 土体尤为明显,有助于食葵躲避盐害,提高出苗率和保苗率,可促进食葵生长发育;P 处理在食葵生长前期也能降低 40 cm 土体体积盐量,但效果不如 P+S 处理显著,且不能降低 100 cm 土体体积盐量,植株长势要弱于 P+S 处理;T 和 S 处理的 40 cm 土体体积盐量在生育中后期较高,对食葵生长不利,植株长势较差。

4 结 论

上膜下秸措施改变了土壤结构,集地表覆盖、秸秆隔层、深耕深松措施为一体,有效地综合了秸秆深埋措施的蓄水控盐作用和地膜覆盖措施的保墒抑盐作用,可调控、优化土壤水盐分布。试验结果表明,在食葵生长前期和中期,上膜下秸可明显提高 0~40 cm 土层含水率,满足了食葵关键生育期对水分的需求;同时还能提高灌水洗盐效果,可将盐分淋洗至底土层并将盐分控制在隔层以下土层中,使 0~40 cm 土层含盐量在整个生育期内保持较低水平,显著降低了单位土体体积盐量,控盐抑盐效果显著,淡化耕层作用明显,为食葵根系生长提供了良好的土壤物理化学环境,从而促进了食葵生长发育,实现优质高产。

参 考 文 献

- [1] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望. 土壤学报, 2008, 45(5): 837—844. Yang J S. Development and prospect of the research on salt-affected soils in China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(5): 837—844
- [2] 马晨, 马履一, 刘太祥, 等. 盐碱土改良利用技术研究进展. 世界林业研究, 2010, 23(2): 28—32. Ma C, Ma L Y, Liu T X, et al. Research progress on saline land improvement technology (In Chinese). World Forestry Research, 2010, 23(2): 28—32
- [3] 黄领梅, 沈冰. 水盐运动研究述评. 西北水资源与水工程, 2000, 11(1): 6—12. Huang L M, Shen B. Review on advance in water and salt dynamics studies (In Chinese). Northwest Water Resources & Water Engineering, 2000, 11(1): 6—12
- [4] Qadir M, Ghafoor A, Murtaza G. Amelioration strategies for saline soils: A review. Land Degradation and Development, 2000, 11(6): 501—521

- [5] Barter-Lennard E G. Restoration of saline land through revegetation. *Agricultural Water Management*, 2002, 53: 213—226
- [6] 李刚, 张乃明, 毛昆明, 等. 大棚土壤盐分累积特征与调控措施研究. *农业工程学报*, 2004, 20(3): 44—47. Li G, Zhang N M, Mao K M, et al. Characteristics of soil salt accumulation in plastic greenhouse and its control measures (In Chinese). *Transactions of the CSAE*, 2004, 20(3): 44—47
- [7] 刘广明, 杨劲松, 吕真真, 等. 不同调控措施对轻中度盐碱土壤的改良增产效应. *农业工程学报*, 2011, 27(9): 164—169. Liu G M, Yang J S, Lü Z Z, et al. Effects of different adjustment measures on improvement of light-moderate saline soils and crop yield (In Chinese). *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(9): 164—169
- [8] 刘战东, 高阳, 刘祖贵, 等. 降雨特性和覆盖方式对麦田土壤水分的影响. *农业工程学报*, 2012, 28(13): 113—120. Liu Z D, Gao Y, Liu Z G, et al. Effects of rainfall characteristics and covering methods on soil moisture of winter wheat (In Chinese). *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(13): 113—120
- [9] Qadir M, Schubert S. Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degradation and Development*, 2002, 13(4): 275—294
- [10] Sarkar S, Paramanick M, Goswami S B. Soil temperature, water use and yield of yellow sarson (*Brassica napus* L. var. *glauca*) in relation to tillage intensity and mulch management under rainfed lowland ecosystem in eastern India. *Soil & Tillage Research*, 2007, 93(1): 94—101
- [11] Bezdicsek D F, Beaver T, Granatstein D. Subsoil ridge tillage and lime effects on soil microbial activity, soil pH, erosion, and wheat and pea yield in the Pacific Northwest, USA. *Soil & Tillage Research*, 2003, 74(1): 55—63
- [12] 刘长江, 李取生, 李秀军. 深松对苏打盐碱化旱田改良与利用的影响. *土壤*, 2007, 39(2): 306—309. Liu C J, Li Q S, Li X J. Effect of deep tillage on amelioration and utilization of soda-alkaline upland fields (In Chinese). *Soils*, 2007, 39(2): 306—309
- [13] Chen S Y, Zhang X Y, Pei F, et al. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat; Field experiments on the North China Plain. *Annals of Applied Biology*, 2007, 150(3): 261—268
- [14] Mulumba L N, Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil & Tillage Research*, 2008, 98(1): 106—111
- [15] Bezborodova G A, Shadmanov D K, Mirhashimov R T, et al. Mulching and water quality effects on soil salinity and sodicity dynamics and cotton productivity in Central Asia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2010, 138: 95—102
- [16] 毕远杰, 王全九, 雪静. 覆盖及水质对土壤水盐状况及油菜产量的影响. *农业工程学报*, 2010, 26(增1): 83—89. Bi Y J, Wang Q J, Xue J. Effects of ground coverage measure and water quality on soil water salinity distribution and helianthus yield (In Chinese). *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(Suppl 1): 83—89
- [17] 史文娟, 沈冰, 汪志荣, 等. 蒸发条件下浅层地下水埋深夹砂层土壤水盐运移特性研究. *农业工程学报*, 2005, 21(9): 23—26. Shi W J, Shen B, Wang Z R, et al. Water and salt transport in sand-layered soil underevaporation with the shallow under ground water table (In Chinese). *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(9): 23—26
- [18] 张莉, 丁国栋, 王翔宇, 等. 隔沙层对盐碱地土壤水盐运动的影响. *干旱地区农业研究*, 2010, 28(2): 197—201. Zhang L, Ding G D, Wang X Y, et al. Effect of sand layer on soil water and salt movement in saline land (In Chinese). *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010, 28(2): 197—201
- [19] 池宝亮, 庞金梅, 焦晓燕. 秸秆不同覆盖方式在控制根层盐化中的作用. *山西农业大学学报: 自然科学版*, 1994, 14(4): 440—443. Chi B L, Pang J M, Jiao X Y. Effects of residue mulch methods in control of salinization in root zone (In Chinese). *Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition*, 1994, 14(4): 440—443
- [20] 乔海龙, 刘小京, 李伟强, 等. 秸秆深层覆盖对土壤水盐运移及小麦生长的影响. *土壤通报*, 2006, 37(5): 885—889. Qiao H L, Liu X J, Li W Q, et al. Effect of deep straw mulching on soil water and salt movement and wheat growth (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(5): 885—889
- [21] 虎胆·吐马尔白, 吴旭春, 迪力达. 不同位置秸秆覆盖条件下土壤水盐运动实验研究. *灌溉排水学报*, 2006, 25(1): 34—37. Tumarbay H D, Wu X C, Di L D. A study of effects of wheat straw mulch on soil water conservation (In Chinese). *Journal of Irrigation and Drainage*, 2006, 25(1): 34—37
- [22] 王婧, 逢焕成, 任天志, 等. 地膜覆盖与秸秆深埋对河套灌区盐渍土水盐运动的影响. *农业工程学报*, 2012, 28(15): 52—59. Wang J, Pang H C, Ren T Z, et al. Effect of plastic film mulching and straw buried on soil water-salt dynamic in Hetao plain (In Chinese). *Transactions of the CSAE*, 2012, 28(15): 52—59
- [23] Pang H C, Li Y Y, Yang J S, et al. Effect of brackish water irrigation and straw mulching on soil salinity and crop yields under monsoonal climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 2010, 97(12): 1971—1977
- [24] Licht M A, Al-Kaisi M. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil & Tillage Research*, 2005, 80(1/2): 233—249
- [25] Delgado I C, Sanchez-Raya A J. Effects of sodium chloride and mineral nutrients on initial stages of development of sunflower life. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2007, 38(15/16): 2013—2027

EFFECTS OF PLASTIC MULCHING AND DEEP BURIAL OF STRAW ON DYNAMICS OF SOIL WATER AND SALT IN MICRO-PLOT FIELD CULTIVATION

Zhao Yonggan¹ Li Yuyi¹ Hu Xiaolong² Wang Jing¹ Pang Huancheng^{1†}

(1 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences
& Key Laboratory of Non-point Source Pollution Control, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

(2 Department of Resource and Environmental, College of Agronomy, Shihezi University
& Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract In order to explore effects of tillage on dynamics of soil water and salt in saline-alkali soils in the Hetao Irrigation District in Inner Mongolia, a micro-plot field experiment, designed to have four treatments, i. e. Treatment T (tillage), Treatment P (plastic mulching), Treatment S (deep burial of straw) and Treatment P + S (plastic mulching plus straw burial), was conducted over a whole sunflower growing period. Results show that Treatment P + S not only significantly enhanced water storage capacity of the 0 ~ 40 cm soil layer, but also continuously preserve soil moisture. Soil water content of the 0 ~ 40 cm soil layer was 5.13%, 3.49% and 1.99% higher in Treatment P + S than in Treatments T, P and S before sowing, respectively. Compared to Treatment T, P and S, Treatment P + S increased water content of the soil layer by 5.01%, 5.87% and 2.70%, respectively, at the early growing period, and by 7.53%, 11.02% and 6.16%, respectively, at the medium growing period. Moreover, Treatment P + S displayed significant long-term effect of suppressing and controlling soil salt in the soil layer. Soil salt content was 18.37%, 20.33% and 1.90% lower in Treatment P + S than Treatment T, P and S before sowing, respectively, 45.46%, 37.63% and 39.67% lower in the early growing period, 17.89%, 29.77% and 37.22% lower in the middle growing period, and 14.46%, 13.90% and 19.88% in the later growing period, respectively. In addition, Treatment P + S significantly reduced salt accumulation per unit volume of soil, showing a significant effect of desalinizing the soil, particularly the plough layer. The above findings suggest that Treatment P + S is an optimal option to regulate and optimize the distribution of soil water and salt, and create a suitable soil environment for better growing of sunflower.

Key words Straw interlayer; Plastic mulching; Water-salt regulation; Salt-affected soils

(责任编辑: 卢 萍)