

# 不同秸秆还田方式对滨海盐渍土水盐运动的影响

杨东, 李新举, 孔欣欣

(山东农业大学 资源与环境学院, 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东 泰安 271018)

**摘要:**为了探究不同秸秆还田方式对滨海盐渍土水盐调控机制,设置4种处理方式:秸秆覆盖(P),秸秆深埋(S),秸秆覆盖+深埋(T),常规耕作(CK),以CK为对照,通过大田试验研究不同处理下冬小麦生育期内土壤水盐运动及其对冬小麦产量的影响。结果表明:秸秆还田增加了土壤储水量,P,S和T处理0—70 cm土层生育期储水量均值高于CK处理8.28 mm,6.86 mm和13.76 mm;冬小麦前中期对0—30 cm土层保墒效果明显,随生育期的推移各处理间差异及土壤含水率均逐渐减小。秸秆还田抑制了土壤盐分表聚,T处理可显著降低0—50 cm土层土壤含盐量,生育期含盐量均值低于P,S和CK处理41.24%,32.08%和52.77%,淡化土壤耕层效果明显;S处理对0—30 cm土层脱盐效果优于P处理。秸秆还田改善土壤水盐状况,显著增加了冬小麦产量,产量表现出 $T>P>S>CK$ 的顺序。T处理改善土壤水盐状况和提高产量表现较优,为试验的最佳处理方式。

**关键词:**秸秆还田; 土壤水分; 土壤盐分; 冬小麦产量; 滨海盐渍土

中图分类号:S156.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0074-05

## Effects of Different Straw Returning Modes on the Water and Salt Movement in the Coastal Saline Soil

YANG Dong, LI Xinju, KONG Xinxin

(College of Resources and Environment, National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

**Abstract:** In order to explore the mechanism of the water and salt in the context of straw return to the coastal saline soil, field experiments were conducted under 4 treatments: straw mulching(P), straw buried(S), straw mulching and buried(T), conventional tillage(CK), to examine the water and salt movement and effects on the winter wheat yield. The results showed that straw returning increased soil water storage, the average growth stage soil storage of winter wheat in 0—70 cm soil layers of P, S and T were 8.28 mm, 6.86 mm and 13.76 mm higher than CK, respectively. increase of soil moisture in 30 cm soil layers under straw returning was apparent before the middle of winter wheat, but the difference between the treatments and the soil water content decreased with the process of the growing stage. The content of soil salinity was inhibited by straw returning, T reduced the salt content in 0—50 cm soil salinity significantly, the average soil salt increase rates were 41.24%, 32.08% and 52.77%, respectively, lower than P, S and CK, showing a significant effect of plough layer. Straw returning improved the soil water and salt, increased the yield of winter wheat significantly, showing the order of  $T>P>S>CK$ . T was the best treatment to improve the status of the soil water-salt and the yield.

**Keywords:** straw return; soil moisture; soil salinity; winter wheat yield; coastal saline soil

土壤盐渍化具有很严重的环境风险和危害,是全球范围内普遍关注的生态环境问题<sup>[1]</sup>。我国黄河

三角洲地区盐渍土面积大,占其总面积的70%左右<sup>[2]</sup>,盐渍土土壤质量较差,是该地区农业发展的主

收稿日期:2016-09-25

修回日期:2016-11-03

资助项目:山东省自主创新及成果转化专项“黄河三角洲盐碱地快速改良技术研发集成与示范”(2014ZZCX07402);山东农业大学盐碱地改良利用项目“黄河三角洲盐渍土秸秆控盐关键技术研究”(2014208)

第一作者:杨东(1991—),男,山东无棣人,硕士研究生,主要从事土壤改良研究。E-mail:yangdong101991@163.com

通信作者:李新举(1965—),男,山东金乡人,教授,博士生导师,主要从事土地复垦和土壤改良研究。E-mail:lxj0911@126.com

要限制因素。秸秆还田是盐渍土改良的重要农艺措施之一。前人研究表明,秸秆覆盖处理可以改善土壤水盐状况,提高土壤质量<sup>[3-9]</sup>;秸秆深埋 30 cm 或 40 cm 可以改善土壤结构,提高土壤含水率,具有良好的控抑盐效果,显著提高作物产量<sup>[10-14]</sup>。目前,关于秸秆覆盖和秸秆深埋的单一措施研究较多,但对两者结合措施对滨海盐渍土水盐动态变化研究极少,缺乏不同秸秆还田方式改良效果的系统对比分析报道。因此本研究通过田间试验,研究不同的秸秆还田方式下冬小麦生育期 0—70 cm 土层土壤的水盐动态变化规律,以及对冬小麦产量的影响,以期为推动秸秆还田改良滨海盐渍土提供理论依据与生产实践指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验于 2015—2016 年在山东省无棣县“渤海粮仓”试验示范基地(N37°56′42.93″,E117°57′43.02″)进行。试验区属季风气候区,多年平均气温 12.1℃,无霜期 206 d,日照时数 2 724.5 h。多年平均年降水量为 570.1 mm,汛期降水量为 436.8 mm,约占年降水量的 77.8%,平均年蒸发量 1 285.5 mm,年蒸发量是年降水量的 2.3 倍,境内淡水资源十分匮乏。试验期降雨量共计 104 mm(图 1),为平水年。选择土壤质量均匀一致的地块试验作为试验区,土壤为重度滨海氯化物盐渍土,试验区 0—70 cm 土层土壤基本性质:土壤含盐量为 8.29 g/kg,土壤 pH 值为 8.59,土壤有机质含量为 6.23 g/kg,土壤碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 21.78 mg/kg,3.63 mg/kg 和 215.95 mg/kg。

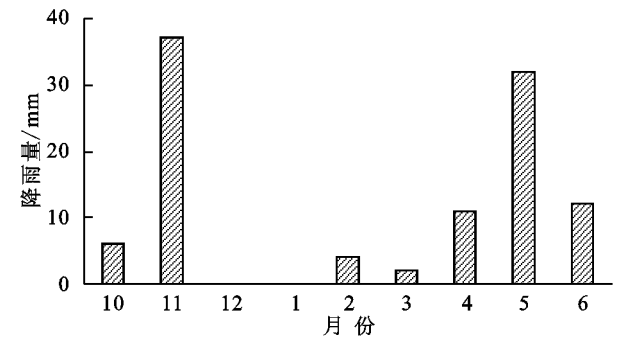


图 1 试验期间降水量

1.2 试验设计

本研究设置 4 种处理:秸秆覆盖(P),秸秆深埋(S),秸秆覆盖+深埋(T),常规耕作处理(CK),以 CK 作为对照,每个处理 3 次重复,随机分布于试验区。试验小区面积为 60 m<sup>2</sup>(东西长 10 m,南北宽 6 m)。秸秆深埋的深度为 30 cm,试验材料为自然风干的小麦秸秆,根据已有资料确定秸秆还田量为 1.20 kg/m<sup>2</sup>。试验区均使用挖掘机将 30 cm 表层土壤取

出,按试验设计人工均匀铺设秸秆,然后土壤回填并平整土地,最后按试验设计人工在表层均匀铺设秸秆,并盖少量土防止秸秆被风吹走,2015 年 9 月 15 日实施完成。分别于播前(2015 年 9 月 23 日)和拔节前(2016 年 4 月 2 日)进行黄河水灌溉,灌水定额均约 1 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。2015 年 10 月 8 日种植作物,试种作物为冬小麦(山农 20),种植标准为 180 kg/hm<sup>2</sup>,仅播种时施底肥,施肥量为磷酸二铵 300 kg/hm<sup>2</sup>,尿素 225 kg/hm<sup>2</sup>。2016 年 6 月 12 日收获,生育期共 248 d。其他田间管理方式同当地一致,试验处理设计方案见表 1。

表 1 试验处理设计

处理	具体设计说明
P	秸秆覆盖还田量为 1.2 kg/m <sup>2</sup>
S	秸秆深埋还田量为 1.2 kg/m <sup>2</sup> ,埋深为 30 cm
T	秸秆覆盖还田量为 0.6 kg/m <sup>2</sup> ,秸秆深埋还田量为 0.6 kg/m <sup>2</sup> ,埋深为 30 cm
CK	常规耕作,无秸秆还田处理

1.3 样品采集与分析

采样时间为冬小麦出苗期(2015 年 10 月 22 日),拔节期(2016 年 4 月 15 日),灌浆期(2016 年 5 月 20 日)和成熟期(2016 年 6 月 12 日)共 4 个时期。使用土钻于冬小麦行间采用五点法采样,采样深度为 0—10 cm,10—20 cm,20—30 cm,30—50 cm,50—70 cm 共五层,采集结束后对采样点进行土壤回填。

$$W=H\times D\times B\times 10$$

式中:W 为土壤贮水量(mm);H 为土层深度(cm);D 为土壤平均体积质量(g/cm<sup>3</sup>);B 为土壤含水率(%)<sup>[15]</sup>。

烘干法测定土壤含水率;电导率法测定土壤含盐量;冬小麦成熟期测定其株高,各小区随机选取边长为 1 m 的正方形样方 5 块,以选定区域产量计算整个小区的产量。使用 Microsoft Excel 2003 进行数据基本处理,使用 SPSS 17.0 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 对土壤水分的影响

2.1.1 土壤储水量的变化 由表 2 可知,不同时期秸秆还田处理 70 cm 土体土壤储水量均高于 CK 处理,表现出良好的保墒效果。冬小麦播种到成熟,土壤储水量呈递减变化趋势,原因与高温和作物生长大量耗水有关。冬小麦播种期土壤含水率相对较高,秸秆还田处理可以减弱土壤蒸发强度,显著提高土壤储水量,P,S 和 T 处理显著高于 CK 处理 8.54 mm,6.48 mm 和 14.73 mm,为冬小麦出苗和苗期生长提供良好水分条件。冬小麦拔节期和灌浆期是作物需

水高峰时期,秸秆还田处理保墒储水功能可以提高对水分的供应能力,T处理的保墒储水效果最佳,P处理次之,最次为S处理。拔节期P,S和T处理显著高于CK处理14.24 mm,9.12 mm和20.36 mm,灌浆期P,S和T处理显著高于CK处理9.89 mm,8.92 mm和15.91 mm。冬小麦成熟期,各处理土壤含水率达到生育期最低水平,不同处理间差异最小,秸秆还田处理土壤含水率略高于CK处理,但不同处理间差异均不显著。

秸秆还田处理可以有效提高不同时期土壤储水量,比较全生育期0—70 cm土层储水量均值,P,S和T处理高于CK处理8.28 mm,6.86 mm和13.76 mm,与CK处理均具有显著性差异,其中T处理对土壤储水量的提升效最大,保墒效果最好。

表2 不同生育期70 cm土体土壤储水量 mm

生育期	播种期	拔节期	灌浆期	成熟期
P	226.41±1.56b	215.45±1.26b	207.69±0.55b	180.95±0.98a
S	224.36±2.04b	210.33±0.68c	206.72±1.81b	183.39±1.68a
T	232.61±1.70a	221.57±1.44a	213.71±2.31a	184.50±1.73a
CK	217.88±1.34c	201.21±1.27d	197.80±1.64c	180.48±2.20a

注:同列数据后不同小写字母代表有显著性差异( $p<0.05$ ),下同。

2.1.2 土壤含水率剖面变化 不同处理在不同生育期0—70 cm土层土壤含水率剖面分布不同,在同一生育期变化趋势基本一致(图2)。秸秆还田对0—30

cm土层土壤含水率影响较大,冬小麦前中期保墒效果明显。冬小麦播种期,各处理土壤含水率随土层深度增加逐渐升高,P,S和T处理0—30 cm土层土壤含水率显著高于CK处理8.83%,7.61%和16.64%,在50—70 cm土层含水率差异不大。冬小麦拔节期和灌浆期,30 cm深处出现水分高峰值,T和S处理土壤含水率显著高于P和CK处理,原因是秸秆深埋处理破坏了上下层水分运移通道,显著增加了秸秆埋设上层的水分,而在50—70 cm深处则出现相反的趋势,这与秸秆隔层对上层土壤的保墒储水能力减少了水分的下移量有关。冬小麦拔节期—灌浆期,尽管该时期降雨量较大,但受高温和作物耗水的影响,各层土壤含水率下降,其中30—50 cm深处土层含水率降低幅度较大,原因可能与作物根系的提水效果和对水分的拦截作用有关。至冬小麦成熟期,各土层土壤含水率均达到生育期最低水平,各处理之间差异均不显著。

S处理对10—30 cm土层保墒储水效果优于P处理,但对0—10 cm表层土壤保墒效果较差,与其表层土壤蒸发强度较大有关。T处理可以有效提高作物根系主要生育层的土壤含水率,对0—30 cm的持续保墒储水效果优于其他处理,可以为作物生长提供良好的土壤水分条件。

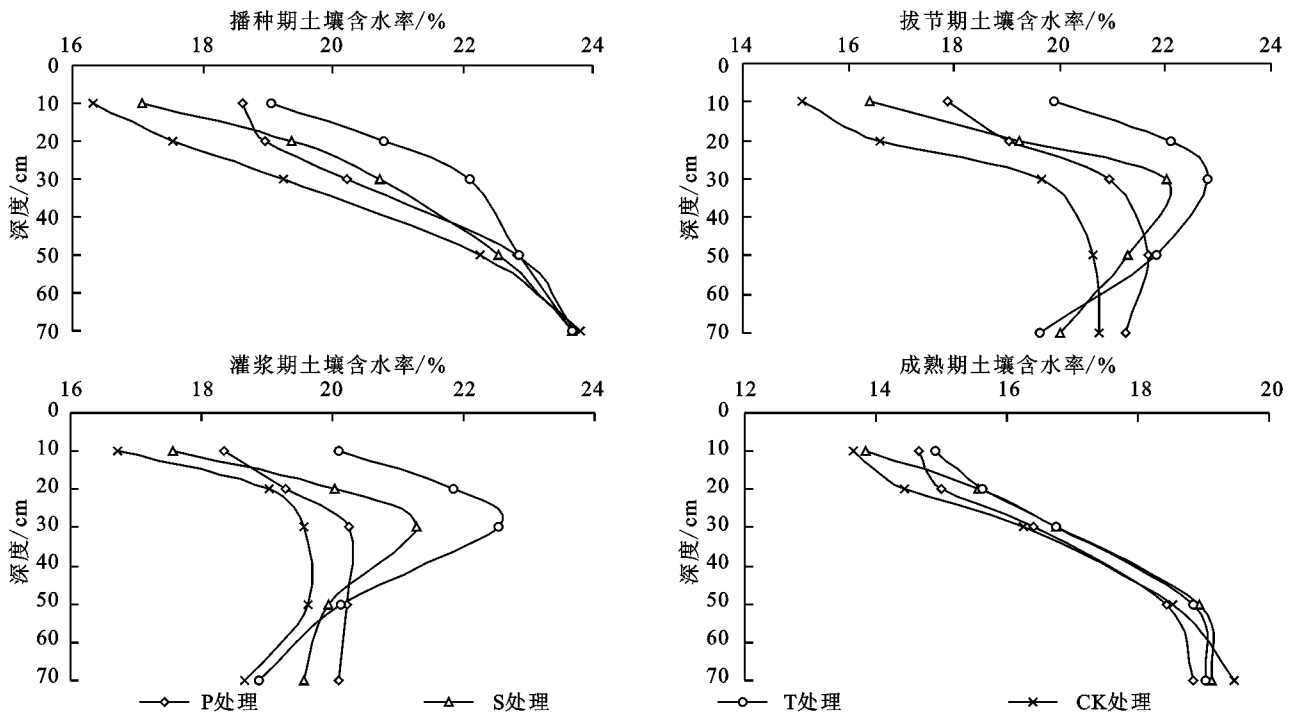


图2 冬小麦不同生育期各土层土壤含水率

## 2.2 土壤含盐量的变化

盐渍土具有“盐随水来,盐随水去”的特点,土壤盐分与水分有密切关系,不同处理对土壤水分影响不同,其控抑盐效果也存在明显差异。播前灌溉不仅保

障土壤良好墒情,还具有淋溶洗盐的效果,试验初期秸秆还田处理主要起到提高土壤淋洗效率和降低土壤盐分的作用。冬小麦播种期,T处理各土层土壤含盐量低于其他处理,土壤脱盐效果最佳,0—10 cm,

10—20 cm, 20—30 cm, 30—50 cm 和 50—70 cm 土层显著低于 CK 处理 72.38%, 70.78%, 44.90%, 34.77% 和 17.20%, 土壤脱盐幅度随深度增加逐渐降低, 含盐量逐渐升高; P 和 S 处理 0—30 cm 土层土壤含盐量明显降低, 分别较 CK 处理显著降低 30.88% 和 49.44%; 30—70 cm 土层土壤含盐量较高, P 处理与 CK 处理差异较小, S 处理土壤含盐量则高于 P 和 CK 处理 4.31% 和 5.56%, 原因是秸秆覆盖降低了水分的人渗效率<sup>[9]</sup>, 秸秆深埋形成的隔层则破坏上下层之间水分运移通道, 均可增加水土相互作用时间, 使更多可溶性盐分溶解并下渗到深层土壤。S 处理对 0—30 cm 土层土壤脱盐效果优于 P 处理, 而 T 处理则明显优于单一处理措施。

土壤蒸发和作物生长耗水对水分的消耗, 导致下层水分上移的同时也带来盐分的积累, 不同处理土壤盐分的运移方式不同。CK 处理蒸发强度大, 土壤盐分出现明显的表聚现象。秸秆还田处理对土壤保墒储水作用, 有效减少高矿化度的深层水和潜水上移量进而减少盐分的上移量。P 和 S 处理, 30—70 cm 土层土壤盐分随生育期的推移, 呈逐渐降低后保持相对稳定的变化趋势, 与 CK 处理差异不大, 20—30 cm 土层土壤含盐量波动幅度较小, 0—20 cm 土层呈逐渐积盐状态。T 处理各土层土壤含盐量均呈逐渐升

高趋势, 原因是该处理淋洗效率较高, 导致深层盐分含量高, 高矿化度水分上移导致其整体呈积盐状态, 但其土壤含盐量仍低于其他处理。

由图 3 可知, 不同秸秆还田方式对土壤盐分的影响程度不同。T 处理可显著降低 0—50 cm 土层土壤含盐量, 生育期含盐量均值低于 P, S 和 CK 处理 41.24%, 32.08% 和 52.77%; 0—10 cm 和 10—20 cm 土层降低幅度最大且相近, 含盐量控制在 2.00~3.05 g/kg, 淡化土壤耕层效果明显, 有利于提高种子发芽率和耐盐性较差的作物苗期生长, 土壤耕层含盐量均值低于 P, S 和 CK 处理 50.91%, 31.37% 和 67.95%。P 和 S 处理可有效降低 0—20 cm 土壤耕层土壤含盐量, 含盐量均值分别显著低于 CK 处理 34.73% 和 53.31%。试验结果表明, T 处理在降低土壤含盐量的深度和幅度大于 P 和 S 处理, S 处理则优于 P 处理。

秸秆还田可抑制土壤耕层积盐。比较 0—20 cm 土层土壤积盐量, T 处理积盐量最低为 1.05 g/kg, 其次为 P 处理 1.23 g/kg, S 处理为 1.58 g/kg, CK 处理积盐量最高为 1.62 g/kg, S 和 CK 处理积盐量高的原因是上层土壤蒸发强度较大导致盐分在土壤耕层集聚。T 处理对抑制土壤耕层积盐效果最佳, 积盐量分别低于 P, S 和 CK 处理 14.63%, 33.54% 和 35.19%。

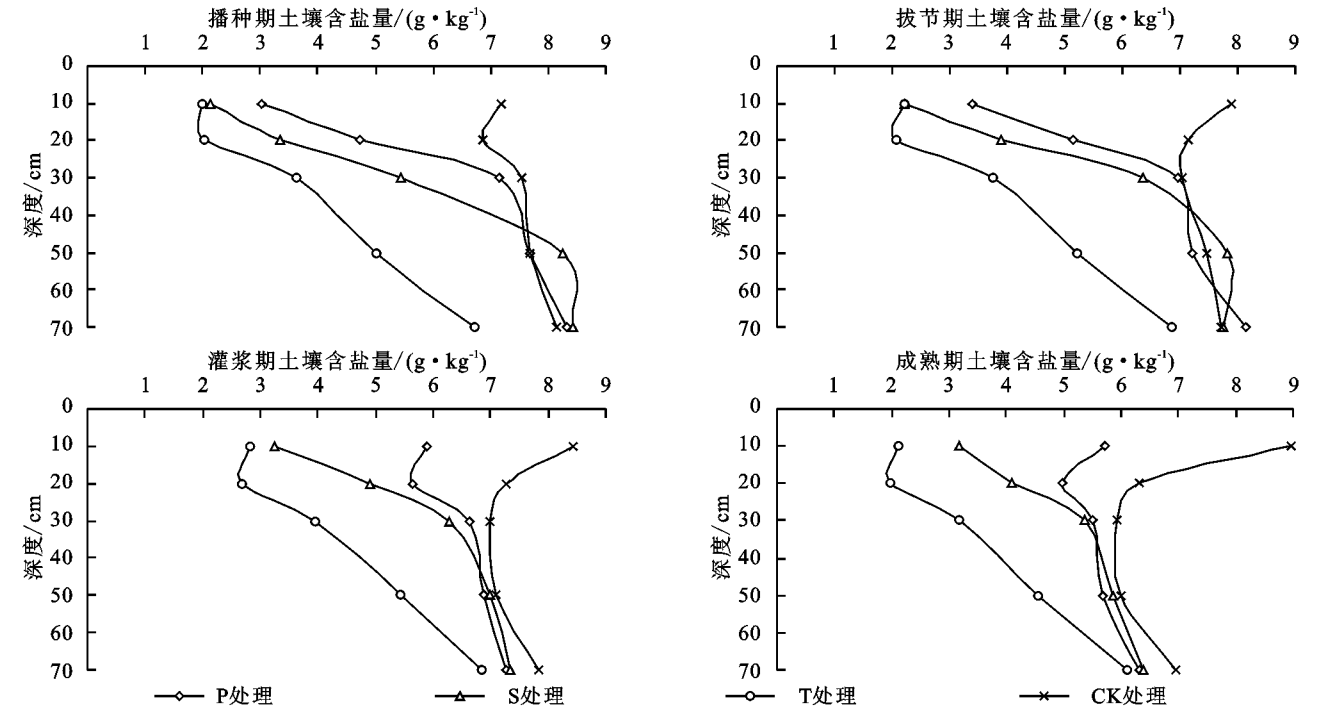


图 3 冬小麦不同生育期各土层土壤含盐量

2.3 对冬小麦产量的影响

由表 3 可知, 秸秆还田处理冬小麦的穗粒数、千粒重和产量较 CK 处理显著增加, T 处理还可显著提高株高。冬小麦株高、穗粒数、千粒重和产量均表现

为 T>P>S>CK 的顺序, 且 T 处理冬小麦各指标均显著高于其他处理。P 处理穗粒数和产量均显著高于 S 处理, 株高和千粒重之间差异不显著。

作物产量是反映土壤质量的重要指标, 试验结果

表明,秸秆还田处理具有出极大地增产效果,P,S和T处理冬小麦产量显著高于CK处理198.85%,148.62%和264.16%,其中T处理增产效果最明显,较P和S处理分别增产25.20%和46.47%。

表3 不同处理对冬小麦产量的影响

处理	株高/cm	穗粒数	千粒重/g	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
P	45.54±3.21b	32.04±3.20b	31.91±2.08b	3051±172.77b
S	43.67±6.97b	25.70±1.85c	29.25±3.37b	2608±121.28c
T	61.11±4.03a	38.75±2.12a	41.21±2.93a	3820±199.23a
CK	42.55±2.21b	21.59±2.11d	24.51±1.09c	1049±75.86d

### 3 结论

(1) 秸秆还田可以增加土壤储水量,为作物生长提供良好的水分条件,T处理保墒储水效果优于其他处理,全生育期土壤储水量均值高于P,S和CK处理5.47 mm,6.90 mm和13.76 mm。0—30 cm土层土壤含水率增加幅度较大,全生育期含水率均值表现出T>S>P>CK的顺序,但S处理表层土壤含水率较P处理略低;对50—70 cm土层土壤影响程度较小。随生育期的推移,高温和冬小麦生长耗水对土壤水分的消耗,各处理土壤含水率逐渐减小,成熟期土壤含水率明显低于播种期。

(2) 土壤盐分与水分密切相关,秸秆还田处理提高了淋洗效率;其对上层土壤良好的保墒储水能力,减小了矿化度较高的下层和潜水上移,显著减少“盐随水来”造成的盐分表聚现象,有效抑制盐分表聚和土壤积盐。不同处理抑盐效果存在差异,T处理表现优于单一处理措施,在抑制土壤耕层积盐和淡化土壤耕层方面效果显著,P和S处理上层土壤含盐量显著低于CK处理,且S处理对上层土壤脱盐效果优于P处理,而50—70 cm土层土壤含盐量均值与CK处理差异不大。

(3) T处理保墒抑盐效果均优于单一处理措施,在0—30 cm土层保持较高水分和低盐条件,为作物生长提供良好的土壤环境,有效减弱盐碱障碍对作物生长发育的阻碍。不同处理土壤水盐状况具有明显差异,对作物产量也不同,秸秆还田均可显著提高冬小麦产量,产量表现出T>P>S>CK的顺序,T处理在提高产量方面表现出最大的促进作用。秸秆还田具有改良滨海盐渍土的作用,实现农业资源的可持续利用,其中T处理在改善盐渍土的水盐状况和产量提升效果最明显,为本试验的最优处理。

### 参考文献:

- [1] 李建国,濮励杰,朱明,等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J]. 地理学报,2012,67(9):1233-1245.
- [2] 关元秀,刘高焕,王劲峰. 基于GIS的黄河三角洲盐碱地改良分区[J]. 地理学报,2001,56(2):198-205.
- [3] Zhao S, Li K, Zhou W, et al. Changes in soil microbial community, enzyme activities and organic matter fractions under long-term straw return in north-central China [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2016,216:82-88.
- [4] 陈林,杨新国,翟德苹,等. 柠条秸秆和地膜覆盖对土壤水分和玉米产量的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(2):108-116.
- [5] Ye R, Doane T A, Morris J, et al. The effect of rice straw on the priming of soil organic matter and methane production in peat soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2015,81:98-107.
- [6] Zhao Y, Li Y, Wang J, et al. Buried straw layer plus plastic mulching reduces soil salinity and increases sunflower yield in saline soils [J]. Soil and Tillage Research, 2016,155:363-370.
- [7] Bai Y, Lei W, Lu Y, et al. Effects of long-term full straw return on yield and potassium response in wheat-maize rotation[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015,14(12):2467-2476.
- [8] 孙博,解建仓,汪妮,等. 不同秸秆覆盖量对盐渍土蒸发,盐变化的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(1):246-250.
- [9] 王燕培,柴守玺,陈玉章,等. 不同秸秆还田处理对旱地冬小麦土壤水分的影响[J]. 水土保持研究,2014,21(6):164-170.
- [10] 赵永敢,李玉义,胡小龙,等. 地膜覆盖结合秸秆深埋对土壤水盐动态影响的微区试验[J]. 土壤学报,2013,50(6):1129-1137.
- [11] 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[J]. 农业工程学报,2012,28(15):52-59.
- [12] 王胜楠,邹洪涛,张玉龙,等. 秸秆集中深还田对土壤水分特性及有机碳组分的影响[J]. 水土保持学报,2015,29(1):154-158.
- [13] 李芙蓉,杨劲松,吴亚坤,等. 不同秸秆埋深对苏北滩涂盐渍土水盐动态变化的影响[J]. 土壤,2013,45(6):1101-1107.
- [14] 闫洪亮,王胜楠,邹洪涛,等. 秸秆深还田两年对东北半干旱区土壤有机质、pH值及微团聚体的影响[J]. 水土保持研究,2013,20(4):44-48.
- [15] 蔡太义,贾志宽,黄耀威,等. 不同秸秆覆盖量对春玉米田蓄水保墒及节水效益的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(1):238-243.