

秸秆深埋和覆膜对土壤水盐及番茄产量的影响

王 乐¹, 何平如², 张红玲¹, 张 娜¹, 杜 斌¹

(1.宁夏回族自治区水利科学研究院, 银川 750021; 2.西北农林科技大学

旱区农业水土工程教育部重点实验室/西北农林科技大学 中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:针对宁夏引黄灌区灌溉水资源紧缺和土壤盐碱化等问题,于 2018 年 8 月至 2019 年 3 月在宁夏贺兰县通过田间试验研究了温室滴灌条件下地膜覆盖和深埋秸秆措施对土壤水、肥、盐及番茄产量的影响。试验设置 T_1 (覆膜且埋秸秆)、 T_2 (不覆膜但埋秸秆)、 T_3 (覆膜但不埋秸秆)、 T_4 (不覆膜不埋秸秆) 4 个处理。结果表明:番茄全生育期内表层 20 cm 土壤含水率 $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$, 深埋秸秆和覆膜均有利于提高表层 40 cm 土壤储水能力,抑制表层土壤返盐,尤其是地膜覆盖和深埋秸秆结合措施在表层 40 cm 具有明显的保墒控盐效果,相对 T_4 处理, T_1 处理全生育期内表层土壤控盐水平提高 27.94%; 深埋秸秆措施能有效提高表层 40 cm 土壤养分水平; 相对不覆膜且不埋秸秆措施,地膜覆盖或深埋秸秆结合措施提高了灌溉水分生产效率及番茄产量。综合考虑耕作层储水保墒、调控盐分和番茄产量,覆膜和深埋秸秆措施相结合效果最佳,且相对不覆膜不埋秸秆措施提高番茄产量 13.65%、节水 23.08%。

关键词: 秸秆; 地膜覆盖; 田间试验; 土壤盐分; 番茄

中图分类号: S156.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2020)03-0372-07

Effects of Straw Burying and Film Mulching on Soil Water-Salt and Yield of Tomato

WANG Le¹, HE Pingru², ZHANG Hongling¹, ZHANG Na¹, DU Bin¹

(1. Ningxia Institute of Water Resources Research, Yinchuan 750021, China; 2. Key Laboratory of

Agricultural Soil and Water Engineering in Arid and Semiarid Areas of ministry of Education/Institute of

Water-saving Agriculture in Arid Areas of China, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In view of the shortage of irrigation water resources and soil salinization in Ningxia Yinhuang irrigation area, the present study was conducted from August 2018 to March 2019, to study the effects of film mulching and straw burying on soil moisture, nutrient, soil salt and tomato yield. Four treatments were settled: T_1 (film mulching and straw burying), T_2 (no film mulching but straw burying), T_3 (film mulching but no straw burying), T_4 (no film mulching and no straw burying). Results indicated that, the soil moisture of 0—20 cm layer during tomato growth period followed $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$, both the film mulching and straw burying contributed to the improvement of soil water storage capacity in 0—40 cm layer and the restraining of salt accumulation in topsoil. Especially, combination measures of film mulching and straw burying had significant influence on moisture conservation and salinity control in 0—40 cm layer, taking T_4 treatment as comparison, the capacity of salinity controlling for T_1 treatment increased by 27.94%; straw burying can improve the soil nutrient in 0—40 cm layer effectively; comparing the measure of no film mulching and no straw burying, the irrigation water use efficiency and tomato yield were improved for the combination measure of film mulching and straw burying. Considering the moisture conservation, soil salinity control and tomato yield, the combination of film mulching and straw burying was suggested for tomato cultivation in Ningxia Yanghuang irrigation area, the tomato yield increased by 13.65% and irrigation water saved by 23.08%, compared to the measure of no film mulching and no straw burying.

Keywords: straw; film mulching; field experiment; soil salt; tomato

宁夏引黄灌区是宁夏回族自治区重要的商品粮油生产基地,灌溉面积 42 万 hm^2 ,占全区有效灌溉面积的

73%。由于部分区域地形低洼,地下水埋深浅,农田建设不配套等因素,局部区域土壤出现盐渍化。据 2012 年

收稿日期: 2019-08-09

修回日期: 2019-08-26

资助项目: 宁夏自然科学基金资助项目(NZ17231); 银北地区盐碱地改良监测评估项目

第一作者: 王乐(1983—),男,宁夏银川市人,硕士,高级工程师,主要从事农田水利及盐碱地治理研究。E-mail: wangle753400@163.com

通信作者: 何平如(1994—),女,湖北建始县人,硕士,主要从事节水灌溉理论与技术研究。E-mail: hepingru68@163.com

土壤盐碱化调查结果,宁夏全区约 30.5% 的耕地面积存在不同程度的盐碱化情况。盐碱地改良与综合治理,已成为提高耕地质量、增加农民收入的关键。

作为宁夏回族自治区支柱产业之一,设施蔬菜近年来得到迅猛发展^[1-2]。但设施蔬菜栽培中土壤次生盐渍化问题在宁夏普遍存在,而且已经成为制约宁夏设施蔬菜发展的“瓶颈”,严重影响设施农业的经济效益。番茄(*Lycopersicon esculentum*)作为我国主要的茄果类蔬菜之一,在宁夏得到广泛种植,植株耐盐性较弱^[3-4],85%左右的根系分布在 0—40 cm 深度土层中^[5],当根区土壤饱和提取液的电导率超过 2.5 dS/m 时,番茄产量开始降低^[6],因此在宁夏温室番茄栽培过程中,往往受到土壤盐分等因素的影响造成减产,影响番茄种植的经济效益和农田土壤可持续开发利用。

秸秆深埋是盐碱地改良的有效措施之一,研究表明,秸秆深埋能够通过调控土壤水分蒸发,改善土壤结构,增加土壤有机碳氮含量,抑制地表返盐,达到改良盐碱地和促进作物生长发育的目的^[7-9]。通过在地表以下一定深度范围内铺设秸秆隔层,在水平方向上形成层状,破坏土体中毛细管的连续性,阻碍因表土蒸发作用导致的水分自下而上运移,减少深层土壤盐分随水分向表层迁移^[10],减轻作物受到的盐分胁迫,不仅能够有效抑制地下水浅埋区非饱和土壤中水肥的“下行趋势”,达到“节水节肥”的目标,还能够有效阻断地下水浅埋区土壤盐分的“上行趋势”,达到“阻盐”的目标,有利于作物高产^[11]。作物秸秆是一种碳含量丰富的能源物质,秸秆还田腐烂后能提高土壤的有机质含量和氮素含量,改善土壤团粒结构,有助于提高土壤肥力,增加耕地的碳汇能力^[12-17]。另外,大量学者研究表明,秸秆和地膜覆盖对土壤特性也具有显著影响。由于秸秆和地膜覆盖可以有效降低地表温度、阻隔土壤水汽输送,减缓水分子从土壤向大气扩散,限制覆盖层下部潜水蒸发,显著提高了表层土壤的储水量,有效抑制了表层土壤返盐^[18-22]。

目前,综合覆膜和秸秆深埋措施的研究相对较少,为了进一步比较覆膜和秸秆深埋措施对土壤特性及番茄产量的影响,探究覆膜和秸秆深埋结合措施的适宜性,本文通过开展田间试验,对比分析覆膜和秸秆深埋措施对番茄温室栽培中土壤水分、盐分、养分及番茄产量的影响,旨在探究一种适合温室番茄栽培的农艺措施,以期宁夏引黄灌区温室设施番茄栽培的可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2018 年在宁夏银川国家农业科技园区科

技开发区连栋温室种植区开展,试验区位于宁夏青铜峡灌区贺兰县北部(106°19'E,38°35'N),属中温带干旱大陆性气候,降雨稀少蒸发强烈,年均气温 8.2℃,年均降雨量为 138.8 mm^[23],全年≥10℃的有效积温为 3 281.6℃,光热资源充足,适宜于发展温室栽培种植技术。根据土壤质地分类,0—60 cm 表层土壤为粉质黏土,土壤容重为 1.47 g/cm³,田间持水率(重量含水率)为 21.14%,土壤 pH 为 8.55,土壤碱解氮含量为 57.4 g/kg,有效磷含量为 37.55 mg/kg,速效钾含量为 72.77 mg/kg。试验区平均地下水埋深为在 1.2 m,平均矿化度为 0.46 g/L,符合灌溉水质标准要求。

1.2 试验设计

试验以番茄为供试作物,品种为“粉大 1 号”,试验设置 T₁(地表覆膜且深埋秸秆)、T₂(地表不覆膜,但深埋秸秆)、T₃(地表覆膜不埋秸秆)、T₄(地表不覆膜且不埋秸秆)4 个处理,每个处理设置 3 个重复,共 12 个小区,试验小区面积为 27 m²(长 600 cm×宽 450 cm)且随机区组排列,各试验处理四周挖深 1 m 后用双层塑料布阻隔,再用土回填,保证各处理的试验小区之间互不影响。试验于 2018 年 8 月 25 日埋设秸秆,为不影响到土壤耕作作业和作物根系生长,T₁,T₂ 处理均在距地表以下 40 cm 埋设秸秆层,将整个小区土壤 0—20 cm 和 20—40 cm 按层次分别取出,并分开放置,然后把已风化半年左右的稻秸秸秆经切割后均匀铺设在整个试验小区地表以下 40 cm 处,切割后的稻秸秸秆平均长度为 10 cm,秸秆铺设厚度为 5 cm,秸秆铺设重量约为 1.2 kg/m,最后将土壤按原层次回填压实;试验于 2018 年 8 月 27 日起垄,垄高 10 cm,垄宽 45 cm(图 1),T₁,T₃ 处理在起垄后沿垄覆白色塑料薄膜,薄膜宽度为 90 cm,厚度为 0.03 mm,沿垄两侧用土压实。2018 年 9 月 3 日单垄单行移栽,于 2019 年 2 月 4 日开始收获,至 2019 年 3 月 4 日收获完毕。作物行距 75 cm,株距 40 cm,定植番茄 33 333 株/hm²。

番茄移栽前在各试验处理滴灌带下 20 cm 深度处理设真空表式负压计(图 1),于 2018 年 8 月 28 日对各试验处理滴灌一次,灌溉定额为 40 mm,自番茄移栽(2018 年 9 月 3 日)后,每天观测 3 次(08:00, 13:00, 18:00)负压计读数,当负压计度数达到-20 kPa(此时滴灌带以下 20 cm 深度处土壤含水率约为田间持水率的 80%)时,立即灌溉一次,灌溉水取自当地浅层地下水(平均矿化度 0.46 g/L),单次灌水定额为 20 mm,自番茄果实红熟期开始,停止灌溉,防止番茄果实产生脐腐病。于起垄前各试验处理均匀

施入生物有机肥 2 250 kg/hm², 尿素(N, 46%) 150 kg/hm², 重过磷酸钙(P₂O₅, 50%) 192 kg/hm², 硫酸钾(K₂O, 46%) 180 kg/hm²。番茄植株开第一穗花时, 随水追施尿素 150 kg/hm² 和硫酸钾 45 kg/hm²; 番茄第二穗果实膨大期随水追施尿素 150 kg/hm²

和硫酸钾 45 kg/hm² 和重过磷酸钙 24 kg/hm²; 第四穗果实膨大期随水追施尿素 150 kg/hm² 和硫酸钾 45 kg/hm²; 第六穗花时随水追施尿素 150 kg/hm² 和硫酸钾 24 kg/hm²。试验的其他农艺措施同当地日光温室番茄种植模式。

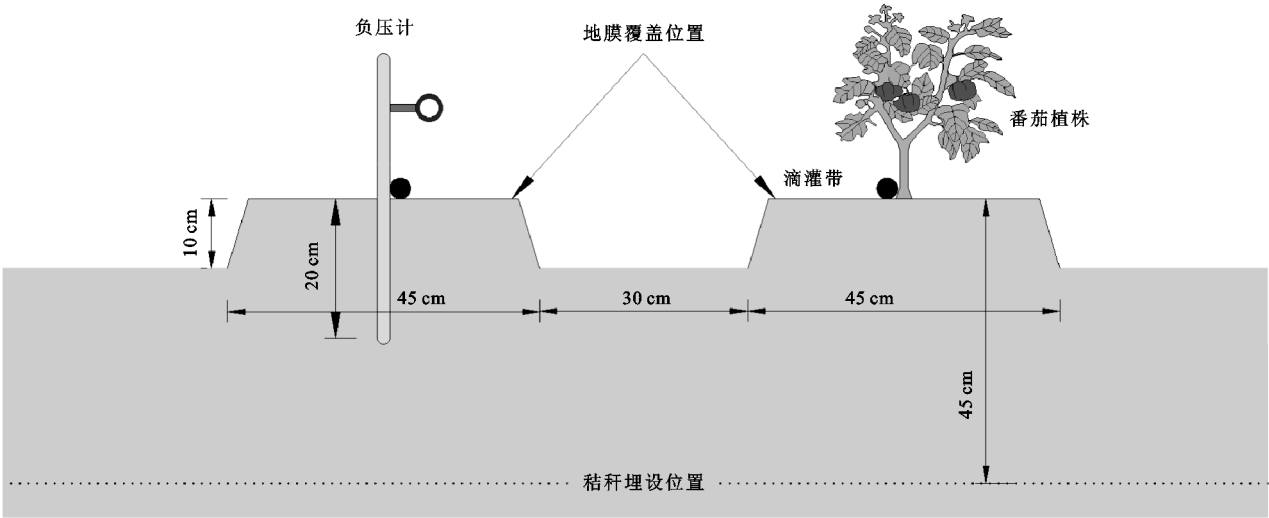


图 1 番茄种植模式示意图

1.3 测定项目及方法

2018 年 8 月 27 日起垄后, 在滴灌带下方随机选取 20 个取样位置, 自垄表面向下 0—100 cm 每间隔 20 cm 取一层土, 利用环刀分层取原状土, 室内测定土壤容重, 并采用激光粒度分析仪(Master-sizer 3000, 马尔文仪器有限公司)分析各层土壤质地, 结果见表 1; 自起垄后每间隔 7 d 分别在各试验处理滴灌带下方随机选取 3 个取样点, 利用直径为 40 mm 的土钻取 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 60—80 cm 和 80—100 cm 土层土壤, 测定土壤水分、盐分、养分

含量; 采用重量法测定土壤质量含水率; 经风干、碾磨后过 2 mm 筛, 制备土水比为 1 : 5 的溶液, 经离心振荡(转速 $r = 300\ 000/s$)后, 采用电导率仪(DDS-308A, 上海精密科学仪器有限公司)测定 EC_{1:5}, 采用 pH 计(PHS-3C, 上海精密科学仪器有限公司)测定土壤溶液 pH; 采用凯氏定氮法测定土壤溶液全氮^[24], 采用重铬酸钾氧化外加加热法测定土壤溶液有机质含量、采用钼锑抗比色法测定土壤溶液有效磷含量、采用火焰光度计法测定土壤溶液速效钾含量、采用碱解扩散法测定土壤溶液碱解氮含量^[25]。

表 1 试验田土壤物理性质

土层 深度/cm	容重/ (g · cm ⁻³)	田间 持水率/%	孔隙度/ %	粉粒/ %	沙粒/ %	黏粒/ %	土壤质地
0—20	1.47	22.2	48.03	46.78	8.16	45.06	粉质黏土
20—40	1.44	23.3	44.32	38.65	41.18	20.17	壤土
40—60	1.37	25.4	46.54	14.11	60.25	25.64	沙壤土
60—80	1.54	14.9	36.45	24.31	62.09	13.60	沙壤土
80—100	1.43	19.2	42.84	32.57	11.28	46.15	粉质黏土

自 2019 年番茄果实红熟开始(2019 年 2 月 11 日), 每间隔 7 d 采收一次, 在番茄采收期记录各试验处理完好的红熟果实数量, 并在各处理中随机选取 7 个测定单果质量, 计算单株产量和单位面积产量。

灌溉水分生产率(IWUE)是衡量农业灌溉科学性的综合指标之一, 计算方程如下:

IWUE=Y/I (1)

式中: Y 表示番茄单位面积产量(kg/hm²); I 表示单

位面积灌溉定额(m³/hm²)。

1.4 数据处理与分析方法

采用 Excel 2016 绘图并统计分析试验所得数据, 利用 SPASS 20.0 对试验数据进行显著性方差分析。

2 结果与分析

2.1 土壤水分动态变化

试验测定的土壤含水率如图 2 所示, 各试验处理

的土壤含水率总体变化趋势为土壤含水率随着土层深度的加深而逐渐增大, 表层(0—20 cm)土壤含水率在整个生育期都显著低于深层, 且 80—100 cm 土壤含水率最大。自番茄移栽(2018 年 8 月 25 日)后, 全生育期内表层 0—20 cm 和 20—40 cm 土壤含水率 $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$, 且 T_1 处理的土壤含水率显著高于其他处理, T_2 处理和 T_3 处理 0—40 cm 土壤含水率高于 T_4 处理, 另外, T_2 处理 0—40 cm 土壤含水率高于 T_3 处理。图 2C 表明 T_1, T_2 处理的 40—60 cm 土壤含水率显著高于 T_3, T_4 处理, 这说明相对不埋秸秆措施, 埋设秸秆有助于 40—60 cm 土层蓄水。随着番茄生长, T_1 处理 40—60 cm 土壤含水率减小幅度小于 T_2 处理, 这说明埋设秸秆并不能完全阻隔秸秆层以下土壤水分受表土蒸发影响, 但能显著降低秸秆层以下土壤水分的蒸发能力。移栽前, 各试验处理各土层的土壤含水率相差不大, 移栽后(2018 年 9 月 3 日), T_1, T_2 处理 60—80 cm 土层土壤含水率小于 T_3, T_4 处理。 T_1, T_2 处理在番茄生育期 60—80 cm 土壤含水率变化较小, T_3, T_4 处理土壤含水率随着番茄生育期推进而减小, 这说明受表土蒸发影响, 深层土壤水分向上运动, 而秸秆可以阻碍水分向上运动。各试验处理 80—100 cm 土壤含水率曲线出现交叉、重叠, 土壤含水率差异较小。

2.2 土壤盐分动态变化

各处理土壤盐分动态变化见图 3, 保墒水灌溉前(2018 年 8 月 27 日), 各试验处理土壤含盐量相差较少, 均随土层深度的增加逐渐减小, 表层土壤 0—20 cm 土壤含盐量较高, 平均为 2.7 g/kg, 20—100 cm 土层土壤含盐量较低为 0.85~1.94 g/kg。番茄移栽前(2018 年 9 月 3 日), 各试验处理 0—40 cm 土壤含盐量大幅度减小, 40—60 cm 土壤含盐量显著增大, 这说明灌溉水将表层土壤盐分淋洗到 40 cm 土层以下, T_1, T_2 处理 60—100 cm 土壤含盐量小于 T_3, T_4 处理, 这说明灌溉水将 T_3, T_4 处理的表层土壤盐分淋洗到 60 cm 土层以下, 由于埋设的秸秆层有阻水作用, T_1, T_2 处理的保墒水对表层土壤盐分淋洗作用有限, 盐分聚集在秸秆层以下 40—60 cm 处。随着番茄生育期的推进, 覆膜和深埋秸秆对土壤盐分的影响逐渐明显, 各处理耕作层土壤含盐量大小依次为 $T_4 > T_2 > T_3 > T_1$, 40—60 cm 土壤含盐量大小依次为 $T_1 > T_2 > T_4 > T_3$, 各试验处理 60—100 cm 的土壤含盐量大小依次为 $T_1 > T_3 > T_2 > T_4$ 。番茄收获完毕后(2019 年 3 月 4 日), T_1, T_3 处理 0—40 cm 土壤含盐量显著低于 T_2, T_4 处理, T_1 处理 0—40 cm 土层平均含盐量相比 T_2, T_3, T_4 处理分别降低了 14.75%, 8.24% 和 27.94%。

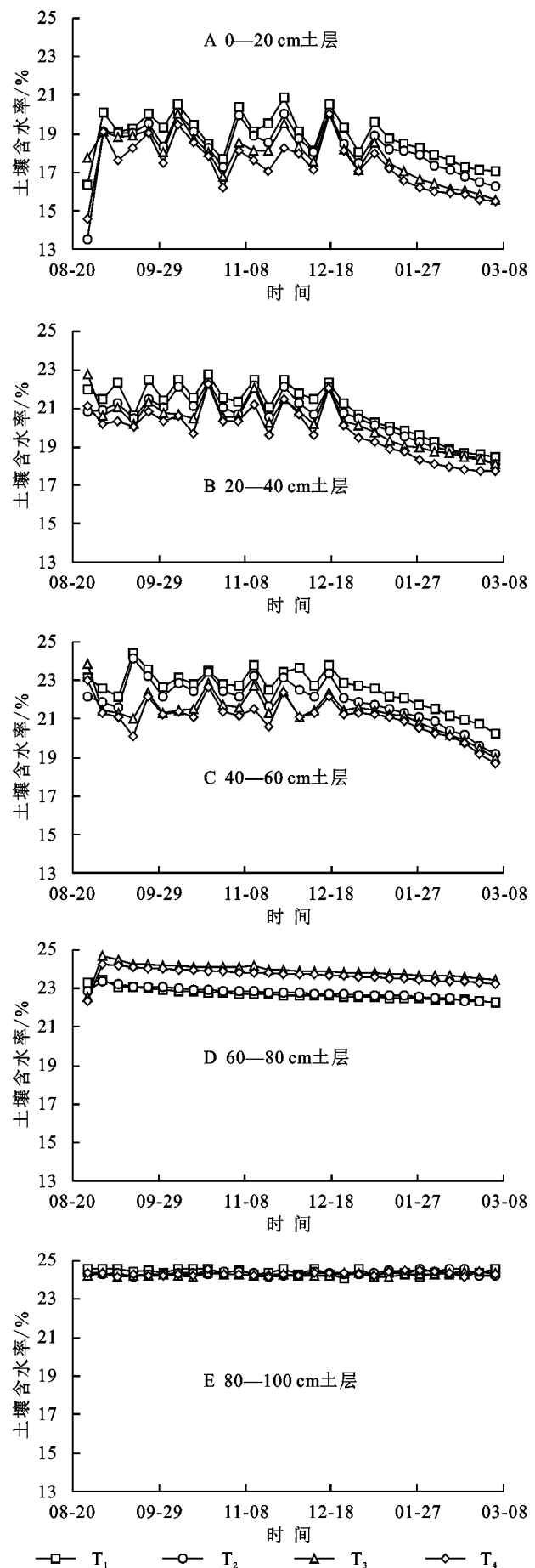


图 2 各试验处理土壤含水率

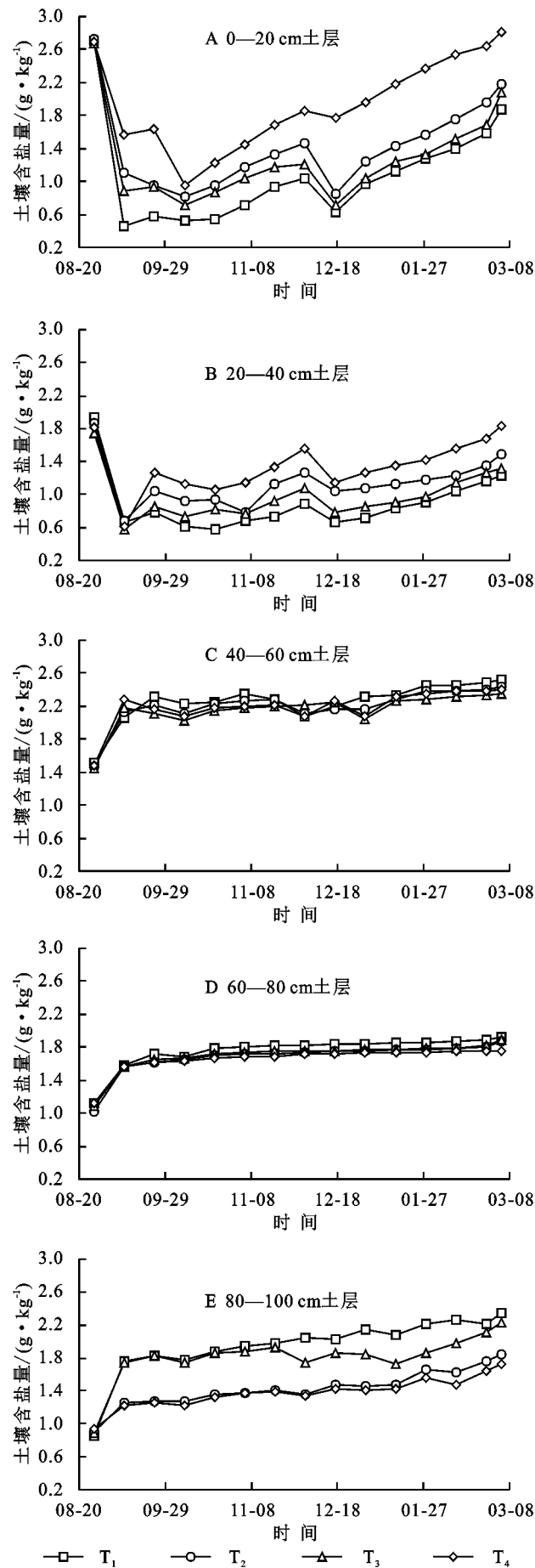


图 3 各试验处理土壤含盐量

2.3 番茄全生育期内土壤盐分变化

自储水灌溉前(2018 年 8 月 27 日)至收获完毕(2019 年 3 月 4 日)各层土壤盐分变化量见图 4。除 T₄ 处理外,各试验处理 0—40 cm 土层均脱盐,这说明在设计灌溉制度下,覆膜或深埋秸秆措施均能促使表层土壤盐分得到有效淋洗。T₁ 处理相比 T₂, T₃ 处理 0—40 cm 土壤积盐量分别降低 67.39%和 49.51%。番茄苗期根系主要分布在 0—20 cm 土层,后期番茄根系主要分布在 0—40 cm 土层, T₁ 处理 0—40 cm 土层脱盐量最多,为番茄根系生长提供良好的生长环境,盐分积累主要发生在 40—100 cm 土层,说明地膜覆盖与秸秆深埋结合措施对减轻番茄耕作层土壤盐分具有显著作用。各试验处理 40—80 cm 土壤积盐量相差不大。

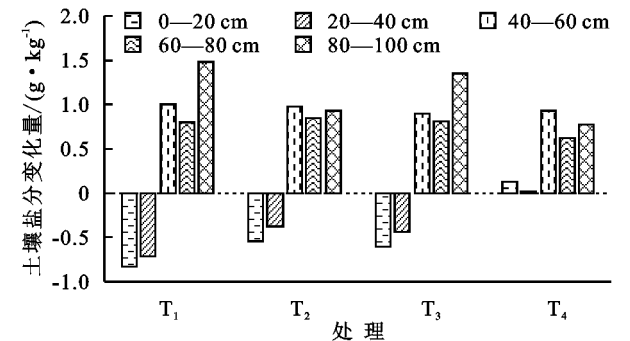


图 4 各试验处理土壤盐分变化量

2.4 耕作层土壤养分

秸秆埋设在距地表 40 cm 深度处,本研究主要考虑耕作层(0—40 cm)土壤养分情况,如表 2 所示, T₁, T₂ 处理土壤有机质、速效钾、碱解氮显著高于 T₃, T₄ 处理,与播前土壤养分含量相比, T₁, T₂ 处理在番茄收获后土壤中的有机质、全氮、速效钾、碱解氮均有所增加,但土壤有效磷含量减小。相对于 T₄ 处理,番茄收获后 T₁, T₂ 和 T₃ 处理的土壤有机质含量分别提高 1.8 g/kg, 2.4 g/kg, 0.5 g/kg, 土壤全氮含量分别提高 0.09 g/kg, 0.17 g/kg, 0.02 g/kg, 土壤有效磷含量分别提高 24.5 g/kg, 18.4 g/kg, 17.6 g/kg, 土壤速效钾含量分别提高 47.22%, 34.26%和 8.33%, 碱解氮含量分别提高 13.25%, 21.69%和 1.20%。各试验处理的土壤 PH 相差不大,这说明地表覆膜和深埋秸秆对番茄耕作层的 pH 影响不显著。

表 2 番茄收后各试验处理表层 0—40 cm 土壤养分

试验处理	全氮/ (g · kg ⁻¹)	有机质/ (g · kg ⁻¹)	有效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	pH
T ₁	0.70a	12.82b	22.99b	202.83c	97.01b	8.78a
T ₂	0.77a	12.16b	14.94a	172.33b	127.72c	8.51a
T ₃	0.61a	9.18ab	24.31b	135.67a	80.10a	8.53a
T ₄	0.55a	8.15a	20.08ab	145.33ab	84.37ab	8.60a

2.5 番茄产量及 IWUE

各试验处理对应的番茄产量见表 3。各试验处理之间番茄单株果数没有明显差异,但 T₁,T₂ 处理的平均单果质量显著高于 T₃,T₄ 处理,T₁ 处理、T₄ 处理与 T₂ 处理和 T₃ 处理产量相差显著,且 T₁ 处理产量最高,T₄ 处理产量最低,T₂,T₃ 处理产量居中。相对于 T₄ 处理,T₁,T₂,T₃ 处理番茄果实产量分别提高 13.65%,7.64%和 2.94%。T₄ 处理灌溉定额最大为 260 mm,T₁ 处理灌溉定额最小为 220 mm,相对于 T₄ 处理,T₁ 处理、T₂ 处理、和 T₃ 处理分别节水 23.08%,7.69%和 15.38%。T₁ 处理 IWUE 最大为 56.55 kg/hm²,T₄ 处理 IWUE 最小为 38.28 kg/hm²。

表 3 各试验处理番茄产量及 IWUE

试验处理	单株果数/ (个/株)	平均单果质量/ (kg/个)	产量/ (kg·hm ⁻²)	灌溉 定额/mm	IWUE/ (kg·hm ⁻²)
T ₁	16.2a	0.215b	113100c	200	56.55b
T ₂	15.7a	0.211b	107127b	240	44.64a
T ₃	16.3a	0.194a	102447b	220	46.57a
T ₄	16.2a	0.190a	99520a	260	38.28a

3 讨论

番茄生育期内,土壤含水率随着土层深度的增加而增大,各试验处理表层 40 cm 土壤含水率呈现 T₁>T₂>T₃>T₄,这说明覆膜和深埋秸秆都有助于耕作层(0—40 cm)储水保墒,且深埋秸秆措施对耕作层的储水保墒作用大于覆膜措施。T₁,T₂ 处理 40—60 cm 土壤含水率大于 T₃,T₄ 处理,这说明深埋秸秆有助于 40—60 cm 土层蓄水,降低秸秆层以下土壤水分蒸发能力。灌溉保墒水后,T₁,T₂ 处理 40—60 cm 土壤含水率大于 T₃,T₄ 处理,但 60—80 cm 土壤含水率小于 T₃ 处理和 T₄ 处理,这说明 T₁,T₂ 处理在地表以下 40 cm 处理设的秸秆阻碍了灌溉水的进一步下渗。各试验处理 80—100 cm 土壤含水率差异较小,这说明覆膜和深埋秸秆措施对深层土壤的水分影响较弱。灌溉保墒水前土壤盐分主要集中在表层 20 cm,灌溉保墒水后,表层 40 cm 土壤盐分显著减少,这说明 40 mm 滴灌定额可以有效淋洗表层 40 cm 土壤盐分,另外 T₁,T₂ 处理 60—100 cm 土壤含盐量小于 T₃,T₄ 处理,这说明在 40 mm 滴灌定额下,埋设秸秆在一定程度上阻碍了灌溉淋盐作用。番茄生育期内,T₁ 处理表层 40 cm 土壤含盐量最低,这说明覆膜和秸秆深埋措施相结合使得番茄耕作层(0—40 cm)土壤在整个生育阶段保持相对较低的盐分水平,减轻了番茄植株受到的盐分胁迫。T₂ 处理在番茄生育期内由于有秸秆隔层,保墒水灌溉后上层土壤盐分

不能充分淋洗至深层(60 cm 以下),由于 T₂,T₄ 处理没有地表覆膜,受表土蒸发影响明显,盐分在 0—40 cm 土层聚集,但由于 T₂ 处理在地表以下 40 cm 埋设有秸秆,阻碍深层盐分随水分向地表迁移,T₂ 处理表层 40 cm 土壤盐分小于 T₄ 处理。另外由于 T₃,T₄ 处理灌溉水淋洗表层土壤盐分效果较好,T₃ 处理因地表覆膜相比 T₄ 处理受表土蒸发影响较小,耕作层盐分积累量减小。与本文研究结果类似,赵永敢等^[26-27]在河套灌区研究“上膜下秸”措施对土壤水盐运移的调控作用,研究结果表明,“上膜下秸”措施可以提高隔层上部的土壤含水率,抑制土壤蒸发,阻隔盐分上行,减轻盐分表聚,为向日葵根系生长创造了“高水低盐”的土壤环境。

田间试验结果表明,T₁,T₂ 处理番茄收获后土壤有机质含量和土壤全氮含量显著高于 T₃,T₄ 处理,这说明深埋秸秆可以显著提高土壤有机质及全氮含量,这与丛艳静等^[28-29]研究结果类似,丛艳静等研究秸秆还田对土壤理化性质的影响,结果表明,常规施肥下秸秆还田显著提高土壤养分供应能力,土壤碱解氮、速效磷、速效钾及有机质含量均有不同程度增加。秸秆深埋作为一种生态农艺措施,既能阻控土壤氮素的流失,提高氮素的利用效率,又能促进秸秆腐烂产生的有机质及营养元素的充分利用,为作物生长提供一个良好的土壤养分环境,从而促进作物生长、提高产量。本研究中,T₁ 处理番茄单位面积产量最高,其次是 T₂ 处理,T₄ 处理产量最低,另外,T₁ 处理 IWUE 最高,T₃ 处理 IWUE 次之,T₄ 处理 IWUE 最低。这说明,深埋秸秆和覆膜措施均能显著提高番茄产量,深埋秸秆措施对番茄产量的影响相对覆膜更明显,覆膜结合深埋秸秆措施进一步提高番茄产量。这可能是由于深埋秸秆措施提高了番茄耕作层土壤养分含量,促进了番茄果实生长,提高了单果质量。覆膜虽然对番茄单果质量影响不显著,但能增加表层土壤水分含量,减少膜内表土蒸发,降低耕作层内土壤盐分含量,促进番茄生殖生长,提高产量,另外覆膜可以减少番茄果实与灌溉水分的接触,降低脐腐病等发病率,减少果实腐坏数量。覆膜和深埋秸秆均能节约灌溉用水,提高水分利用效率,且相对于深埋秸秆,覆膜的节水效果更明显,覆膜和深埋秸秆相结合是提高水分生产效率的有效措施。

本研究仅开展一年,缺乏对土壤水盐的长期监测,另外,深埋秸秆可能对番茄耕作层土壤温度产生影响,在进一步研究中,应该综合考虑深埋秸秆对土壤(水、肥、气、热、盐)及作物(生长指标、产量构成及果实品质)的影响,并进行长期监测。

4 结论

(1) 覆膜和深埋秸秆都有助于耕作层(0—40 cm)储水保墒,但对深层(80 cm 以下)土壤水影响较小。在设计灌溉制度下,深埋秸秆措施对耕作层的储水保墒作用大于覆膜措施。

(2) 番茄移栽前,40 mm 滴灌定额可以有效淋洗表层 40 cm 土壤盐分;覆膜和秸秆深埋措施均能降低番茄耕作层(0—40 cm)土壤在整个生育期内的盐分水平,减轻番茄植株受到的盐分胁迫,覆膜和深埋措施相结合是调控耕作层土壤盐分的最佳措施,相比覆膜或秸秆深埋单一措施脱盐 49.51%~67.39%。

(3) 深埋秸秆可以显著提高土壤养分含量,提供高土壤养分供应能力,但覆膜措施对土壤养分的影响并不明显。

(4) 深埋秸秆和覆膜措施均能显著提高番茄产量,减少灌溉水量,提高灌溉水分利用效率,且深埋秸秆措施相对覆膜措施对番茄产量影响更明显,但覆膜措施在提高灌溉水分利用效率方面作用更大。

参考文献:

- [1] 王蓉,马玲,黄灵丹,等.宁夏旱作区日光温室秋冬茬樱桃番茄灌溉制度研究[J].安徽农业科学,2018,46(33):65.
- [2] 董平,陈淑娟,朱建祥,等.石嘴山市惠农区脱水蔬菜推荐施肥方案的建立及应用[J].现代农业科技,2015(24):115-117.
- [3] Cuartero J, Fernández-Muñoz R. Tomato and salinity[J]. *Scientia Horticulturae*, 1998,78(1/4):83-125.
- [4] Li N, Xu X Y, Jiang J B, et al. Bioinformatics resources for tomato research [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2010,45(1):95-101.
- [5] 夏国军.秸秆层隔治盐研究[J].安徽农业科学,2007,35(15):4454-4454.
- [6] Bernstein L. Salt tolerance of plants[M]. US Department of Agriculture, 1964.
- [7] Mulumba L N, Lal R. Mulching effects on selected soil physical properties[J]. *Soil and Tillage Research*, 2008,98(1):106-111.
- [8] 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[J].农业工程学报,2010,26(1):83-89.
- [9] 王会,何伟,段福建,等.秸秆还田对盐渍土团聚体稳定性及碳氮含量的影响[J].农业工程学报,2019,35(4):124-131.
- [10] Stagnari F, Galieni A, Speca S, et al. Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment[J]. *Field Crops Research*, 2014,167:51-63.
- [11] 乔海龙,刘小京,李伟强,等.秸秆深层覆盖对水分入渗及蒸发的影响[J].中国水土保持科学,2006,4(2):34-38.

- [12] Sims A L, Schepers J S, Olson R A, et al. Irrigated corn yield and nitrogen accumulation response in a comparison of no-till and conventional till; Tillage and surface-residue variables [J]. *Agronomy Journal*, 1998,90(5):630-637.
- [13] 王小彬,蔡典雄,张镜清,等.旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2000,33(4):54-61.
- [14] 颜丽,宋杨,贺靖,等.玉米秸秆还田时间和还田方式对土壤肥力和作物产量的影响[J].土壤通报,2004,35(2):143-148.
- [15] 田慎重,李增嘉,宁堂原,等.保护性耕作对农田土壤不同养分形态的影响[J].青岛农业大学学报:自然科学版,2008,25(3):171-176.
- [16] 李昌珍,张婷婷,杨改河,等.秸秆覆盖和施肥对关中灌区夏玉米生长后期土壤呼吸速率的影响[J].生态环境学报,2013,22(3):411-416.
- [17] 侯贤清,李荣,吴鹏年,等.秸秆还田配施氮肥对土壤碳氮含量与玉米生长的影响[J].农业机械学报,2018,49(9):238-246.
- [18] Turmel M S, Speratti A, Baudron F, et al. Crop residue management and soil health: A systems analysis [J]. *Agricultural Systems*, 2015,134:6-16.
- [19] 李新举,刘勋岭.秸秆覆盖对土壤水盐运动的影响[J].山东农业大学学报:自然科学版,2000,31(1):38-40.
- [20] Li S X, Wang Z H, Li S Q, et al. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China[J]. *Agricultural Water Management*, 2013,116:39-49.
- [21] 赵永敢,王婧,李玉义,等.秸秆隔层与地覆膜盖有效抑制潜水蒸发和土壤返盐[J].农业工程学报,2013,29(23):109-117.
- [22] 孙博,解建仓,汪妮,等.秸秆覆盖对盐渍化土壤水盐动态的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(4):180-184.
- [23] 周勤利,王学东,李志涛,等.宁夏贺兰县土壤重金属分布特征及其生态风险评价[J].农业资源与环境学报,2019,36(4):513-521.
- [24] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [25] Liu X, Zheng J, Zhang D, et al. Biochar has no effect on soil respiration across Chinese agricultural soils[J]. *Science of the Total Environment*, 2016,554:259-265.
- [26] 赵永敢.“上膜下秸”调控河套灌区盐渍土水盐运移过程与机理[D].北京:中国农业科学院,2014.
- [27] 杨阳.“上膜下秸”技术:生态改良进行时:访中国农业科学院农业资源与区划研究所徐焕成研究员[J].中国农村科技,2018(11):17-21.
- [28] 丛艳静.连续 3 年玉米秸秆还田对土壤理化性状及作物产量的影响[J].中国农学通报,2018,34(17):95-98.
- [29] 胡心意,傅庆林,刘琛,等.秸秆还田和耕作深度对稻田耕层土壤的影响[J].浙江农业学报,2018,30(7):1202-1210.