

▪ 作物水肥高效利用 ▪

文章编号: 1672-3317(2023)05-0001-08

微咸水补灌年限对压砂地水盐分布及 西瓜产量和品质的影响

谭军利^{1,2,3}, 王西娜^{4*}, 马小福¹, 田军仓^{1,2,3}

(1.宁夏大学 土木与水利工程学院, 银川 750021; 2.旱区现代农业水资源高效利用教育部
工程研究中心, 银川 750021; 3.宁夏节水灌溉与水资源调控工程技术研究中心,
银川 750021; 4.宁夏大学 农学院, 银川 750021)

摘要:【目的】探讨微咸水补灌年限对压砂地土壤水盐分布特征及西瓜产量和品质的影响。【方法】采用田间定位调查方法, 研究了微咸水补灌年限为 2、4、7、10、14 a 的压砂地 0~60 cm 土壤水盐动态分布及西瓜产量和品质。

【结果】西瓜伸蔓期和收获期土壤饱和电导率随微咸水补灌年限增加而增加, 荒地土壤 20~40 cm 土层饱和电导率最高, 而压砂地在 40~60 cm 土层饱和电导率最高; 微咸水补灌增加了开花坐瓜期土壤体积含水率, 但随微咸水补灌年限增加呈先增加后减小的趋势; 压砂地表层(0~10 cm)土壤体积含水率最高, 而荒地 10~20 cm 土层的土壤体积含水率最高; 与荒地相比, 土表覆砂增加了 0~40 cm 土层土壤体积质量及 0~8 cm 土层的土壤紧实度, 而 8 cm 以下土层土壤紧实度小于荒地; 西瓜产量和瓜周可溶性固形物量随微咸水补灌年限增加分别呈降低和先增加后降低的趋势。

【结论】长期微咸水补灌提高了压砂地上层土壤体积质量和紧实度, 同时也增加了土壤含水率和土壤盐分, 西瓜产量随微咸水补灌年限增加呈下降趋势, 而西瓜品质则有先提高后降低的趋势。

关键词: 微咸水; 压砂地; 西瓜; 补灌年限; 土壤盐分

中图分类号: S274

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022440

OSID: 

谭军利, 王西娜, 马小福, 等. 微咸水补灌年限对压砂地水盐分布及西瓜产量和品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(5): 1-8.

TAN Junli, WANG Xi'na, MA Xiaofu, et al. Effect of Long-term Brackish Water Irrigation on Soil Water and Salt Distribution, and Yield and Quality of Watermelon in Sand-mulched Field[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(5): 1-8.

0 引言

【研究意义】压砂地主要分布在宁夏中部干旱带、甘肃白银等地区, 其分布区降水年际变化大, 主栽作物西瓜产量随降水的变化而变动。采用微咸水补灌是宁夏中部干旱带群众缓解干旱及降水的波动性和稳定西瓜产量的重要措施。近年来, 微咸水补灌在当地越来越普遍。因此, 研究压砂地微咸水补灌下土壤水盐分布特征对当地微咸水合理利用具有重要的理论和实践价值。【研究进展】压砂是干旱地区人民应对干旱创造的土壤覆盖栽培措施。土表覆砂提高了土壤含水率和地温^[1-2], 同时促进了水分的入渗^[3-4], 抑制

了土壤水分蒸发^[5-7], 提高了降水利用效率^[8]。同时由于覆砂切断土壤毛细管与大气之间的直接联系, 减少了土壤盐分的表聚^[2,5,9-11]。王永忠等^[9]发现, 种植 1 a 的砂田土壤含盐量为 0.021%, 到第 17 年时降至 0.005%, 含盐量下降了 71.4%。王喜等^[12]研究表明, 压砂地土壤盐分随土层深度增加有增加的趋势。赵文举等^[13]研究表明, 砂田土壤盐分与土层深度正相关。谭军利等^[7]通过土柱模拟试验发现, 在微咸水灌溉条件下, 与不覆砂处理相比, 覆砂对土壤盐分的抑制程度达到 92.4%~95.2%, 并且促进了盐分向下运移。无论覆砂厚度是 5 cm 还是 15 cm 均能抑制土壤盐分表聚^[14]。因此, 土表覆砂可以大幅度抑制土壤盐分的聚积, 并促进盐分向下层土壤运移, 从而为作物创造良好的水盐条件。

【切入点】但是, 长期微咸水灌溉容易造成土壤次生盐渍化, 使土壤物理性质恶化, 继而影响作物生长、产量及品质。压砂地由于土表覆砂具有抑制盐分

收稿日期: 2022-08-08

基金项目: 宁夏自然科学基金项目(2022AAC02013); 国家自然科学基金项目(51309135, 31860590); 宁夏高等学校一流学科建设(水利工程)项目(NXYLXK2021A03); 国家重点研发计划项目(2021YFD1900600)
作者简介: 谭军利(1979-), 男, 湖南茶陵人。教授, 博士, 主要从事农业水资源高效利用研究。E-mail: tanjl@nxu.edu.cn
通信作者: 王西娜(1978-), 女, 陕西华阴人。副教授, 博士, 主要从事植物营养高效利用与调控研究。E-mail: wangxn@nxu.edu.cn

表聚的作用,那么长期微咸水灌溉对压砂地土壤水盐分布特征以及西瓜的产量及品质又有什么影响呢?

【拟解决的关键问题】为此,本文通过田间定位调查试验,研究了不同微咸水补灌年限压砂地在西瓜生育期间土壤体积质量、紧实度、水盐分布特征以及西瓜果实产量和品质的差异,以揭示长期微咸水灌溉对压砂地土壤物理性质、水盐分布及西瓜产量和品质的影响,为压砂地微咸水合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

调查地点位于宁夏中卫市兴仁镇姚岗村,地处宁夏中部干旱带(N 36°98', E 105°25', 平均海拔 1 700 m),日照充足,干旱少雨,年平均降水量 180 mm,而蒸发量则达 2 100~2 400 mm,属于典型的温带大陆性气候区。土壤类型以淡灰钙土为主。典型淡灰钙土的机械组成为黏粒量(<0.002 mm)为 17.4%、粉粒量(0.002~0.02 mm)为 50.0%、砂粒量(0.02~2 mm)为 32.6%,土壤质地为粉砂壤土。土壤基本理化性质:有机质量为 8.0~9.8 g/kg,全氮量为 0.5~0.7 g/kg,速效磷量为 5.5~8.7 mg/kg,速效钾量为 112.4~151.3 mg/kg。

1.2 试验方法

2014 年选择微咸水补灌年限分别为 2、4、7、10、14 a 的压砂地(处理简称分别为 T2、T4、T7、T10、T14),以未覆砂的荒地作为对照(CK),进行调查取样。调查样地分布如图 1 所示。所有压砂地块均种植西瓜且水肥管理措施接近,微咸水补灌方式以车拉储水罐在瓜窝处灌溉,灌水定额在 90~120 m³/hm²,西瓜生育期一般补水 3~4 次。灌溉水为从当地机井中抽取的地下微咸水,矿化度 2.7~2.8 dS/m。调查地块种植的西瓜品种均为金城 5 号,西瓜株距为 1.3~1.4 m,行距为 1.4~1.6 m。



图 1 调查样地分布

Fig.1 Distribution of surveyed plots

各地块种植时间为 4 月 20 日前后,收获时间 7 月 30 日前后。西瓜生育期内日降水量如图 2 所示。

从图 2 可以看出,西瓜生育期内降水量为 121 mm,其中 6 月 28 日、7 月 8 日和 9 日降水量合计达到 68 mm。

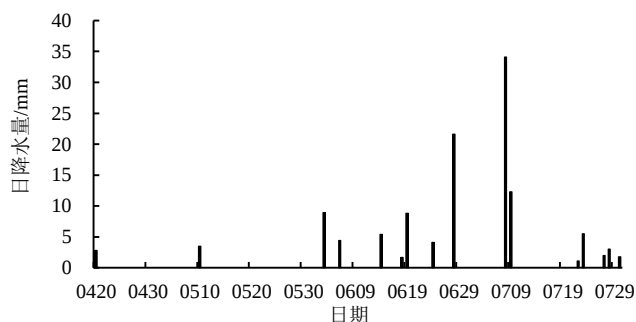


图 2 西瓜生育期内日降水量分布

Fig.2 Distribution of daily precipitation during watermelon growth period

1.3 样品采集及测定方法

分别在西瓜伸蔓期(6 月 4 日)、开花坐瓜期(7 月 4 日)和收获期(7 月 30 日)挖开砂层,采集 0~60 cm 土层土壤样品,每 20 cm 为 1 层,每个样品为 3 个采样点的混合样,3 个样点按照对角线取样的方法采集,每个处理 3 次重复。用烘干法测定土壤质量含水率并乘以相应土层土壤体积质量计算土壤体积含水率。土壤样品风干后过 1 mm 筛,备用。测定时将土壤样品制成饱和泥浆,将饱和泥浆置于离心管中高速离心,用电导率仪测定离心后上清液的电导率即为土壤饱和泥浆电导率。用环刀法测定土壤体积质量,每 10 cm 土层为 1 个样品,每个处理 6 次重复。用土壤紧实度仪分别测定 0~8、8~15、15~23、23~30、30~38 cm 土层的紧实度。每个处理连续测定 10 个西瓜(每株只结 1 个西瓜)为 1 个重复,每个处理测定 3 个重复,计算每个处理平均单瓜质量,并根据单瓜质量及西瓜株行距计算单位面积产量;每个处理收获期选择有代表性的西瓜果实 5 个,用数显折射仪测定西瓜中心和边缘处的可溶性固形物量。将西瓜切开后测定西瓜果实的纵径和横径,果型指数=纵径/横径。

1.4 数据处理

分别采用 Excel 2016 软件和 SAS 8.0 进行数据处理和方差分析。方差分析采用 Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 微咸水补灌年限对压砂地土壤饱和电导率分布的影响

由图 3 可以看出,西瓜伸蔓期压砂地上层土壤(0~20 cm)饱和电导率低于开花坐瓜期和收获期。这是因为一般在西瓜放苗前不灌溉。在生育期补灌微咸水之后,开花坐瓜期和收获期 0~60 cm 土层饱和电导率均有较大幅度提高。不覆砂荒地 CK 通常以

20~40 cm 土层土壤饱和电导率最高，而 40~60 cm 土层土壤饱和电导率降低；压砂地 0~60 cm 土层土壤饱和电导率随土层深度增加而增加，其中在 40~60 cm 土层最高。说明覆砂促进了土壤盐分向下层土壤运移。从微咸水灌溉年限来看，在西瓜生育期进行补灌之前，除 T14 处理外，T2、T4、T7、T10 处理 0~60 cm 土层土壤饱和电导率随微咸水灌溉年限增加呈增加趋

势；生育期灌溉微咸水后，土壤饱和电导率随微咸水灌溉年限增加无明显规律；但 40~60 cm 土层土壤饱和电导率随灌溉年限增加有升高趋势。另外，T14 处理 0~60 cm 土层土壤饱和电导率一直较低，这是因为该地块土质为砂壤土，60 cm 以下有夹砂层，所以土壤盐分能够迅速向下层土壤运移，实现脱盐。

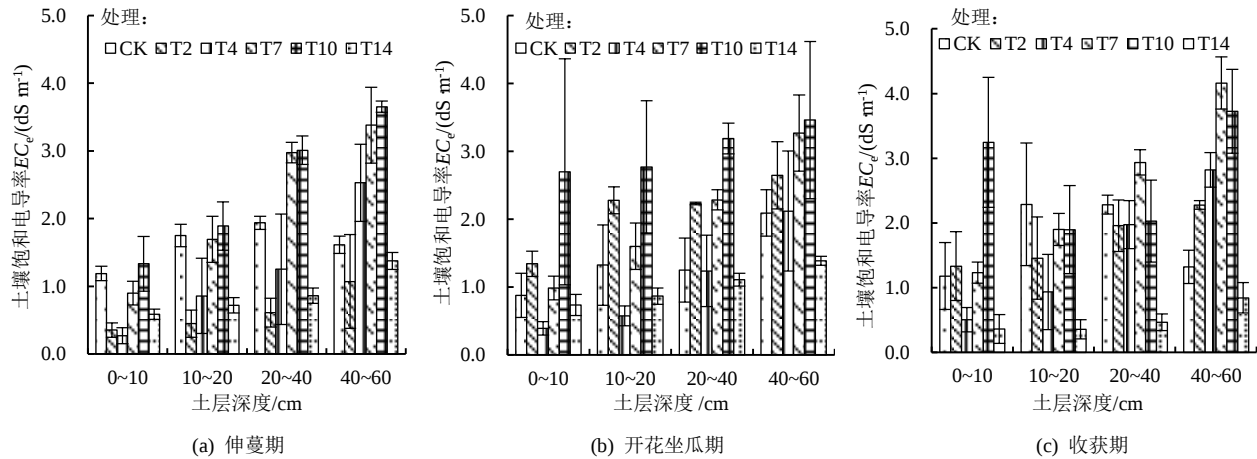


图 3 不同补灌年限西瓜生育期土壤饱和电导率

Fig.3 The distribution of soil saturate conductivity with different brackish water irrigating years during growth period of watermelon

2.2 微咸水补灌年限对压砂地土壤体积含水率分布的影响

由图 4 可知，不同生育期压砂地土壤体积含水率差异较大，开花坐瓜期压砂地土壤体积含水率最高，伸蔓期次之，收获期最低。从土层深度来看，在伸蔓期和开花坐瓜期，压砂地土壤体积含水率随土层深度增加有降低趋势，0~10 cm 土层土壤体积含水率最高。西瓜属于须根系作物，其根系主要分布在 0~20 cm 的

土层。上层土壤体积含水率较高有利于西瓜生长。与 CK 相比，压砂处理提高了 0~60 cm 土层土壤体积含水率。伸蔓期，与 CK 相比，压砂处理土壤体积含水率提高了 125%~355%；开花坐瓜期，人工补灌微咸水后，压砂地的土壤体积含水率提高幅度最大达到 523%；成熟期，随着人工补灌量减少以及西瓜需水量增大，压砂使土壤体积含水率提高了 65%~217%。

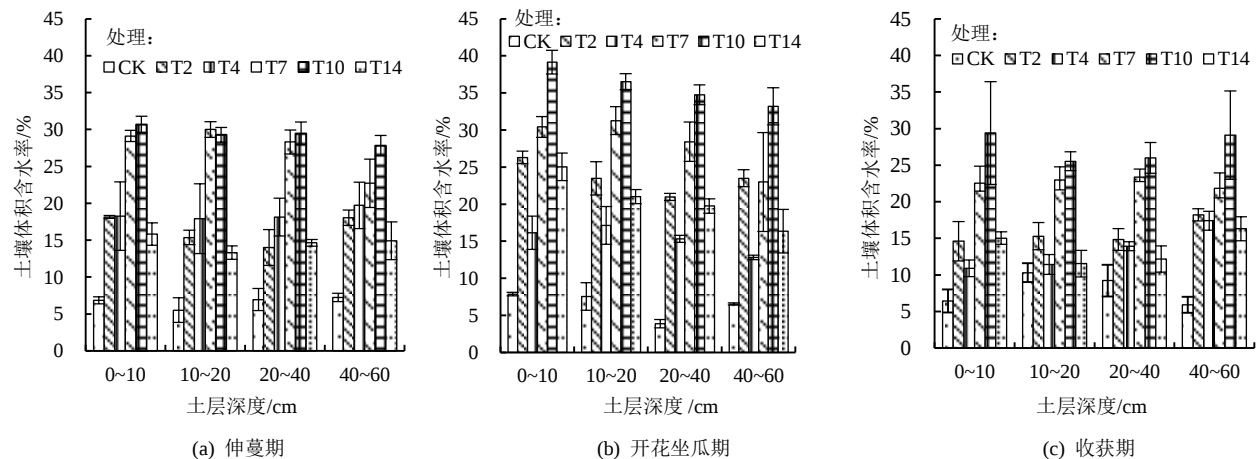


图 4 不同微咸水补灌年限压砂地西瓜生育期土壤体积含水率

Fig.4 The distribution of soil moisture with different brackish water irrigating years during growth period of watermelon

2.3 微咸水补灌年限对压砂地土壤体积质量及土壤紧实度的影响

从图 5 可以看出，与荒地相比，压砂处理显著增加了 0~20 cm 土层的土壤体积质量，增加幅度在 16%~36%。从微咸水补灌年限来看，除了 T10 处理

0~40 cm 土层的土壤体积质量偏小外，其他微咸水补灌处理的土壤体积质量有随微咸水补灌年限增加而增大的趋势。

由图 6 可知，压砂大幅度增加了 0~8 cm 土层深度土壤紧实度。与 CK 相比，压砂提高土壤紧实度的

幅度在 78%~322%之间。15~23、23~30、30~38 cm 土层深度, CK 的土壤紧实度显著大于压砂处理土壤的紧实度。这可能是因为压砂条件下土壤保持了较好的土壤水分, 土壤紧实度下降; 而荒地土壤体积含水率较低故其土壤紧实度较高。因此, 压砂条件下土壤紧实度有利于西瓜根系的伸展和生长, 尤其是下层土壤。随着微咸水补灌年限增加, 土壤紧实度差异不显著, T10 处理除外。微咸水补灌处理 15~23 cm 土层

深度的土壤紧实度随微咸水补灌年限增加有降低的趋势, 不同微咸水补灌年限处理之间其他土层深度的土壤紧实度无显著差异。压砂条件下, 0~38 cm 土层土壤紧实度最大的土层出现在 8~23 cm 土层, 土壤紧实度处于 150~300 kPa 之间。压砂处理整个土层的土壤紧实度适宜西瓜根系生长, 而且随微咸水补灌年限增加没有明显变化。

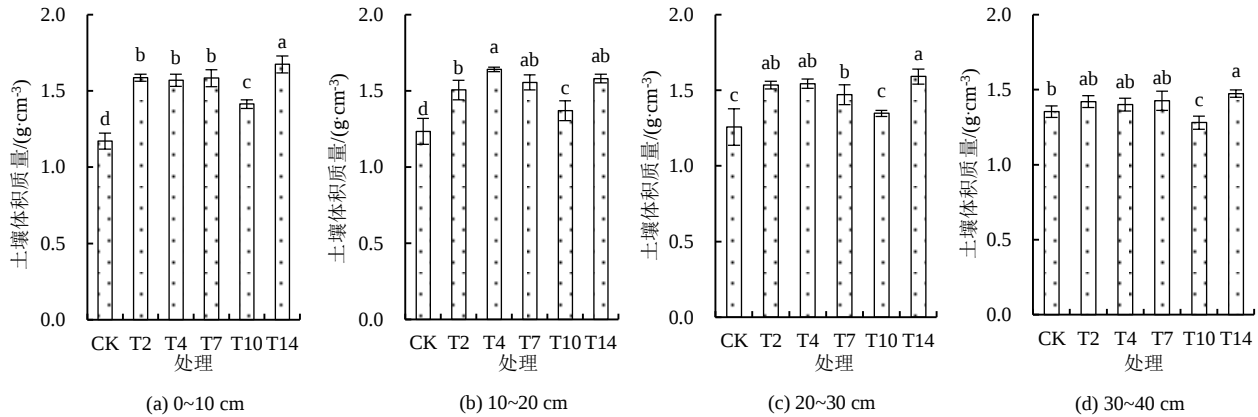


图 5 不同微咸水补灌年限下压砂地土壤 0~40 cm 土层土壤体积质量

Fig.5 Soil bulk density in 0~40 cm depth with different brackish water irrigating years

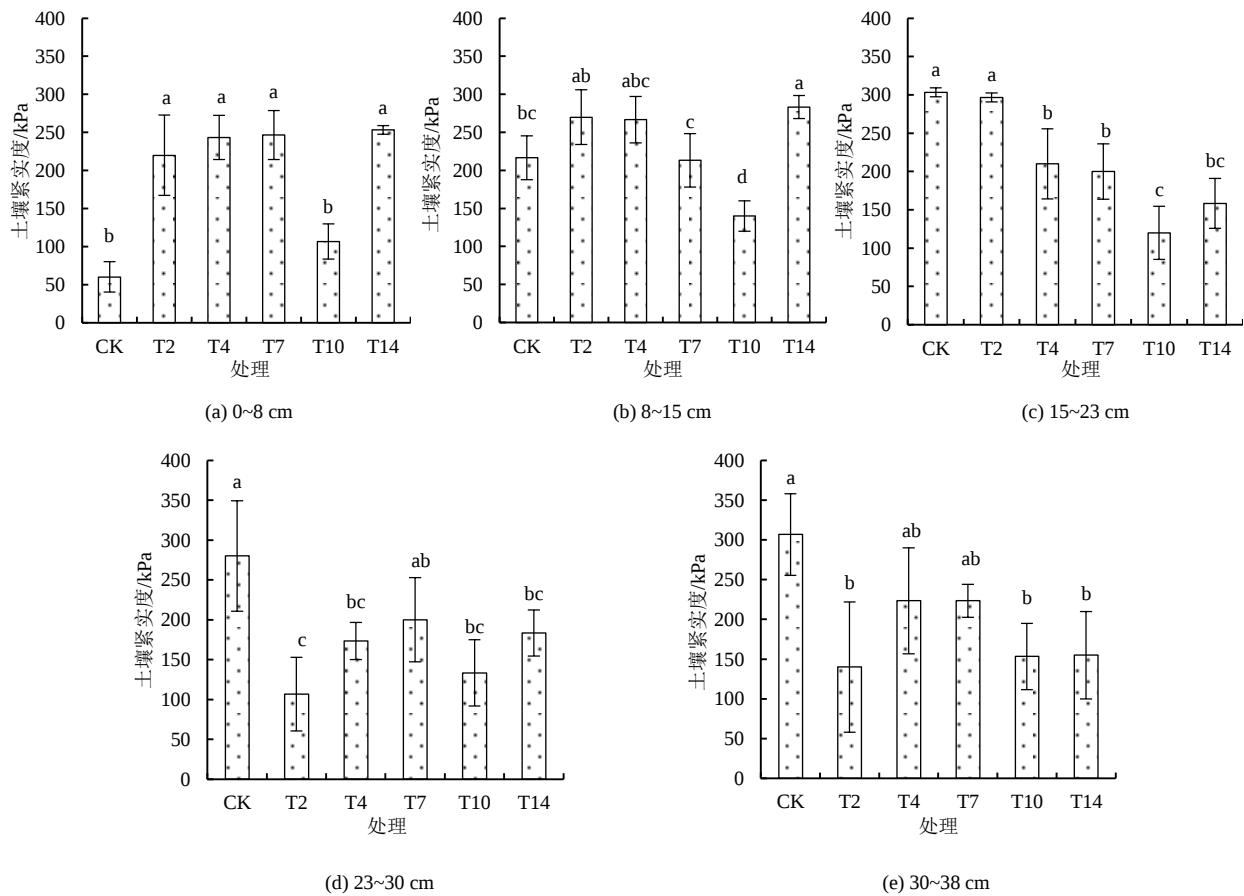


图 6 不同微咸水补灌年限下压砂地 0~38 cm 土层土壤紧实度

Fig.6 Soil compaction in 0~38 cm depth with different brackish water irrigating years

2.4 微咸水补灌年限对压砂地西瓜产量和品质的影响

从图 7 可以看出, 西瓜产量随微咸水补灌年限增加呈下降趋势, 拟合直线方程 $y = -3703.3x + 37400$, y

为西瓜产量 (kg/hm^2), x 为微咸水补灌年限。从图 7 还可以看出, T2 处理西瓜产量最高为 $33725 \text{ kg}/\text{hm}^2$; 而 T14 处理为 $16284 \text{ kg}/\text{hm}^2$, 与 T2 处理相比产量下

降了 60%。T4、T7、T10 处理之间无显著差异。

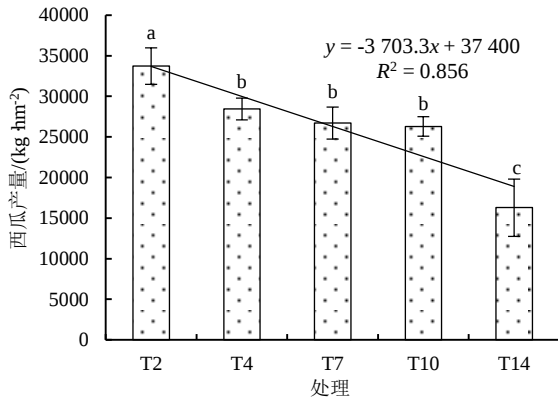


图 7 不同微咸水补灌年限下西瓜产量
Fig.7 Yield of watermelon with different brackish water irrigating years

图 8 为不同微咸水补灌年限下西瓜果实可溶性固形物量，图 8 中不同大写、小写字母代表分别不同微咸水灌溉年限之间瓜心、瓜周可溶性固形物存在显著差异 ($P<0.05$)。由图 8 可知，瓜心可溶性固形物量随微咸水补灌年限增加无显著变化规律。但 T2 处理和 T10 处理西瓜瓜心可溶性固形物量较低 ($P<0.05$)，T4、T7、T14 处理之间无显著差异，瓜心可溶性固形物量在 10.6%~11.0% 之间。瓜周可溶性固形物量随着微咸水补灌年限增加先增加后降低，呈开口向下的抛物线形。T4 处理的瓜周可溶性固形物量最大达 9.8%，且显著高于 T14 处理。说明，T4 处理西瓜果实的品质较优，之后随着微咸水补灌年限增加西瓜果实可溶性固形物量逐渐降低。

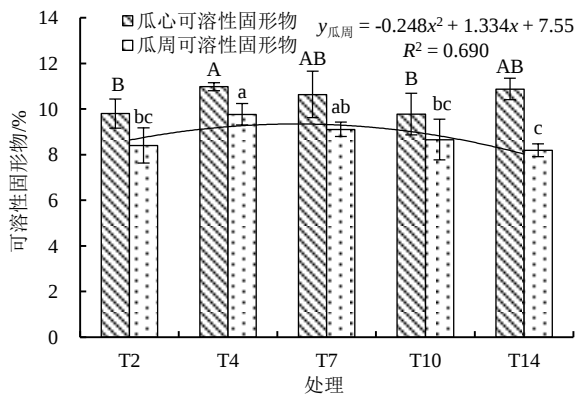


图 8 不同微咸水补灌年限下西瓜果实可溶性固形物量
Fig.8 Soluble solid content of watermelon with different brackish water irrigating years

2.5 微咸水补灌年限对压砂地西瓜果实形状及果形指数的影响

图 9 为不同微咸水补灌年限下西瓜果实纵径和横径，图 9 中不同大写、小写字母代表分别不同微咸水灌溉年限之间西瓜果实纵径和横径在 $P<0.05$ 水平差异显著。由图 9 可知，西瓜果实的纵径除微咸水补

灌 T14 处理显著提高外，其他处理之间差异不显著，纵径在 18.5~20.3 cm 之间。果实的横径随微咸水补灌年限增加呈先增加后减小的趋势，其中微咸水补灌 T4 处理的横径最大，为 30.2 cm。

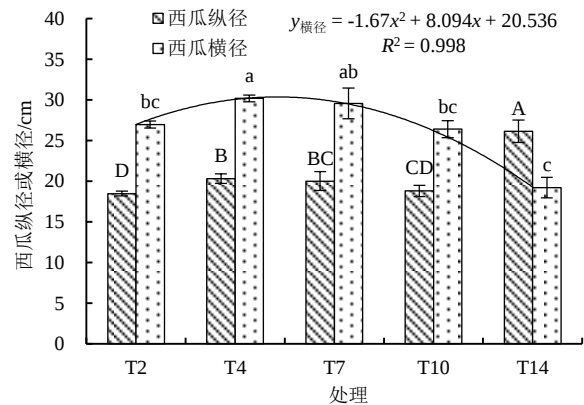


图 9 不同微咸水补灌年限下西瓜果实纵径和横径
Fig.9 Longitudinal and transverse diameter of watermelon with different brackish water irrigating years

从西瓜的果型指数来看 (图 10)，T14 处理的西瓜果型指数显著大于其他处理，果型指数为 1.32，表明西瓜呈长椭圆形。而其他处理的果型指数均小于 1，呈球形。可见，微咸水补灌年限改变了西瓜的果实形状。

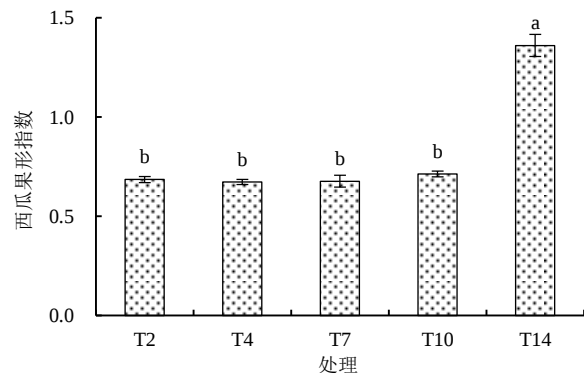


图 10 不同微咸水补灌年限下西瓜果实果型指数
Fig.10 The index of fruit shape of watermelon with different brackish water irrigating years

3 讨论

3.1 覆砂对土壤水盐分布的影响

覆砂抑制了土壤水分蒸发，促进了水分下渗，减少了土壤盐分的累积，对土壤水盐分布影响较大^[9, 11]。本研究发现，0~60 cm 土层深度荒地土壤饱和电导率最高值出现在 10~20 cm 或者 20~40 cm 土层深度，而压砂地的土壤饱和电导率随土层深度增加而增加，表明覆砂措施即使是在微咸水补灌下也抑制了盐分的表聚并促进了盐分的下移，为作物生长提供较好的水盐环境。这与谭军利等^[7]、王喜等^[12]、赵文举等^[13]研究结果一致。赵文举等^[5]认为表层压砂抑制蒸发和

抑制盐分表聚的效果与压砂厚度和细砂的质量分数均呈正相关关系。与不覆砂处理相比,无论覆砂厚度多少均能抑制微咸水灌溉下土壤盐分的表聚。王永忠等^[9]认为,砂田抑盐的机理首先是因为充分接纳雨水,增强了土壤渗透力和淋溶作用,其次是因为砂砾层切断了土壤毛细管,土壤蒸发量减少。

随着微咸水补灌年限增加,土壤盐分有增加趋势,其中下层累积更多。与补灌前相比,微咸水补灌 1 个生育期后土壤饱和电导率也有增加趋势。这说明微咸水补灌提高了土壤饱和电导率,但是土表覆砂促进了土壤盐分向下层土壤运移,从而为西瓜根系创造了良好的低盐环境。

从生育期土壤体积含水率的动态变化来看,在微咸水补灌条件下压砂地在西瓜开花坐瓜期土壤含水率最高,而收获期土壤体积含水率大幅度降低。这主要是因为西瓜补充灌溉主要发生在开花坐瓜期,同时这一时期降水量较多,所以提高了开花坐瓜期土壤体积含水率。从不同补灌年限来看,在补灌 2~10 a 内土壤体积含水率随补灌年限增加呈增加趋势。而 T14 处理土壤体积含水率显著降低,这说明当补灌年限超过 10 a 后压砂地土壤持水能力显著下降。从 0~60 cm 土层土壤体积含水率的分布来看,随着土层深度增加土壤体积含水率有降低的趋势。这表明压砂措施大幅度提高了上层土壤体积含水率,为西瓜生长提供了良好的水分条件。

3.2 微咸水灌溉对压砂地土壤物理性质的影响

微咸水补灌将盐离子带入土壤,而盐离子的累积会使土壤的物理性质恶化。压砂地土壤体积质量除 30~40 cm 土层深度与荒地无显著差异外,0~30 cm 的土壤体积质量显著高于荒地。这主要是因为土表覆盖 10~15 cm 的砂砾层,上层土壤始终承受砂砾层的质量,另一方面,由于耕作过程中机械碾压,且压砂后土壤处于免耕状态,使上层土壤压实,土壤体积质量增大。除 T10 处理 0~20 cm 土层土壤体积质量下降外,其微咸水补灌处理土壤体积质量有随补灌年限增加而增大的趋势。随着土壤体积质量的增加,土壤孔隙率减少。这也说明土表覆砂及微咸水补灌降低了土壤的孔隙率。王菲等^[15]研究表明,压砂地随着压砂年限增加,毛管持水量、饱和持水量、毛管孔隙度、总孔隙度呈下降趋势,土壤物理性质逐渐恶化。王超等^[16]发现,随着压砂年限增加土壤质地粗化,土壤体积质量增加,土壤持水率降低。尤其是补灌 14 a 后土壤体积质量显著增加,减少了土壤孔隙率,土壤持水能力降低。

同时,压砂地表层土壤的紧实度远大于荒地,且随补灌年限增加呈增加趋势。而 15 cm 以下荒地的紧

实度远高于压砂地。这可能是因为土壤紧实度与土壤体积含水率有关^[17-18];而覆砂及微咸水补灌保持了较好的水分状况,使得土壤紧实度远低于荒地。表层土壤紧实度增加会影响西瓜根系苗期的扎根和生长,但下层土壤较好的水分状况及较小的土壤紧实度为西瓜后期生长和根系伸展提供了良好的条件。

3.3 微咸水灌溉对压砂地西瓜产量及品质的影响

本研究表明,西瓜产量随微咸水补灌年限增加而降低,这与黄山松等^[19]研究相同。随着压砂年限增加,土壤肥力下降,这是导致西瓜产量下降的重要原因^[15,20-21]。马中昇等^[22]研究发现,盐碱性压砂地西瓜产量随土壤盐分降低而增加,而在非盐碱性压砂地,西瓜产量随盐分降低先增加后减小。这说明土壤盐分也是造成西瓜产量降低的原因之一。本研究显示,微咸水补灌 10 a 以上压砂地西瓜产量显著降低。导致产量降低的原因可能与土壤体积含水率的降低、盐分的累积有关,还与土壤体积质量和表层土壤紧实度增加有关。因此,采用深松技术降低土壤体积质量和紧实度,提高土壤持水能力是提高压砂地微咸水利用可持续性的的重要途径。

本研究表明,瓜周可溶性固形物量则随微咸水补灌年限呈先增加后降低的趋势,这与王晓静等^[23]研究结果一致。说明长期微咸水补灌并没有引起压砂西瓜品质大幅度下降,但是随微咸水补灌年限增加有下降趋势。

4 结 论

1) 微咸水补灌大幅度提高了西瓜开花期土壤体积含水率,土壤体积含水率随微咸水补灌年限增加先增加后减少,压砂地 0~60 cm 土层深度土壤体积含水率随土层深度增加而降低;土壤饱和电导率随微咸水补灌年限增加呈增加趋势,与荒地相比,压砂地土壤饱和电导率峰值下移。

2) 土表覆砂提高了 0~40 cm 土层的土壤体积质量,且随微咸水补灌年限增加土壤体积质量有增加趋势;压砂同时显著增加了 0~8 cm 土层的紧实度,但降低了下层土壤的紧实度,但不同微咸水补灌年限处理之间无显著差异。

3) 西瓜产量和瓜周可溶性固形物分别随微咸水补灌年限增加呈降低和先增加后降低的趋势。

参考文献:

- [1] 王天送,苏贺昌,杨世维.兰州地区砂田土壤的水分特征[J].干旱地区农业研究,1991,9(1):66-69.
WANG Tiansong, SU Hechang, YANG Shiwei. Soil moisture behaviours in pebble-mulched fields in Lanzhou area[J]. Agricultural

- Research in the Arid Areas, 1991, 9(1): 66-69.
- [2] 杜延珍. 砂田在干旱地区的水土保持作用[J]. 中国水土保持, 1993(4): 36-39.
DU Yanzhen. Effect of sandy field in soil conservation in arid region[J]. Soil and Water Conservation in China, 1993(4): 36-39.
- [3] 宋日权, 褚贵新, 张瑞喜, 等. 覆砂对土壤入渗、蒸发和盐分迁移的影响[J]. 土壤学报, 2012, 49(2): 282-288.
SONG Riquan, CHU Guixin, ZHANG Ruixi, et al. Effects of sand mulching on soil infiltration, evaporation, and salt distribution[J]. Acta Pedologica Sinica, 2012, 49(2): 282-288.
- [4] 魏童, 谭军利, 葛敏, 等. 压砂条件下水分一维垂直入渗试验研究[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(8): 668-672.
WEI Tong, TAN Junli, GE Min, et al. One-dimensional vertical infiltration of water under gravel fragments condition[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2018, 36(8): 668-672.
- [5] 赵文举, 徐裕, 郁文, 等. 不同压砂厚度和粒径对土壤水盐运移的影响[J]. 兰州理工大学学报, 2016, 42(4): 65-69.
ZHAO Wenju, XU Yu, YU Wen, et al. Influence of thickness and particle size of sand pavement on transfer of water and salinity in soil[J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2016, 42(4): 65-69.
- [6] 李王成, 王帅, 王兴旺. 砂田抑制蒸发功能随覆砂年限的演变规律[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(3): 83-89.
LI Wangcheng, WANG Shuai, WANG Xingwang. Service life of the gravel-sand mulch in reducing soil evaporation[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(3): 83-89.
- [7] 谭军利, 王西娜, 田军仓, 等. 不同微咸水灌水量条件下覆砂措施对土壤水盐运移的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(17): 100-108.
TAN Junli, WANG Xi'na, TIAN Juncang, et al. Effect of gravel-sand mulching on movements of soil water and salts under different amounts of brackish water[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(17): 100-108.
- [8] 赵文举, 郁文, 马孝义, 等. 不同种植年限压砂地土壤水分对降水脉动的响应[J]. 水土保持通报, 2014, 34(6): 18-21.
ZHAO Wenju, YU Wen, MA Xiaoyi, et al. Responses of soil moisture of gravel-mulched field to precipitation fluctuation of different planting years[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2014, 34(6): 18-21.
- [9] 王永忠, 牛国元, 许强, 等. 宁夏中部干旱带压砂地耕作方式的生态功能[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 163-167.
WANG Yongzhong, NIU Guoyuan, XU Qiang, et al. Impacts of farming manners in gravel land to agro-ecosystem in the middle arid zone of Ningxia Hui autonomous region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2010, 30(3): 163-167.
- [10] 潘佳颖, 王建宇, 王超. 宁夏压砂地土壤全盐量和 pH 值的空间变异分析[J]. 北方园艺, 2016(3): 157-162.
PAN Jiaying, WANG Jianyu, WANG Chao. Spatial variability analysis on total salt content and pH value of soil on gravel-mulched land in Ningxia[J]. Northern Horticulture, 2016(3): 157-162.
- [11] 唐学芬, 赵文举, 李宗礼, 等. 压砂地土壤盐分空间变异规律[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 18-23.
TANG Xuefen, ZHAO Wenju, LI Zongli, et al. Variation pattern of soil salinity of gravel-sand mulched field[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2016, 36(3): 18-23.
- [12] 王喜, 谭军利, 马小福, 等. 压砂地土壤盐分、土壤水分及坡向对西瓜产量的影响[J]. 节水灌溉, 2016(8): 38-42, 47.
WANG Xi, TAN Junli, MA Xiaofu, et al. The effect of soil salt content, moisture content and slope direction of gravel-mulched field on watermelon yield[J]. Water Saving Irrigation, 2016(8): 38-42, 47.
- [13] 赵文举, 唐学芬, 李宗礼, 等. 压砂地土壤盐分时空变异规律研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2016, 24(1): 12-21.
ZHAO Wenju, TANG Xuefen, LI Zongli, et al. Study of spatial-temporal variability of soil salinity of gravel-sand mulched field[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2016, 24(1): 12-21.
- [14] 谭军利, 王西娜, 金慧娟, 等. 微咸水灌溉下砂层级配及覆砂厚度对土壤水盐运移的影响[J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(9): 7-13.
TAN Junli, WANG Xi'na, JIN Huijuan, et al. The effects of grading and thickness of gravel mulching on water and salt movement in soil under brackish water irrigation[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2020, 39(9): 7-13.
- [15] 王菲, 王建宇, 王幼奇. 宁夏荒地压砂年限与土壤理化性质研究[J]. 北方园艺, 2014(13): 181-185.
WANG Fei, WANG Jianyu, WANG Youqi. Study on sand-mulching years and soil physicochemical properties of wasteland in Ningxia[J]. Northern Horticulture, 2014(13): 181-185.
- [16] 王超, 王菲, 吴秀玲, 等. 压砂年限对土壤质量的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(8): 190-195.
WANG Chao, WANG Fei, WU Xiuling, et al. Research on evolvement of soil quality on gravel mulched field[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29(8): 190-195.
- [17] 杨金玲, 张甘霖, 赵玉国, 等. 土壤压实指标在城市土壤评价中的应用与比较[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 51-55.
YANG Jinling, ZHANG Ganlin, ZHAO Yuguo, et al. Application and comparison of soil compaction indexes in the evaluation of urban soils[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(5): 51-55.
- [18] 陈秀琴, 杜国强, 杨德军. 大柳塔矿区农田砂壤土含水率对土壤紧实度的影响及模型研究[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(1): 74-80.
CHEN Xiuqin, DU Guoqiang, YANG Dejun. Effect of moisture content on compactness of sandy loam soil of farmland in daliuta mine and modelling[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2018, 34(1): 74-80.
- [19] 黄山松, 沈晖, 田军仓, 等. 自然条件下压砂年限对旱区压砂瓜生理特性及产量的影响[J]. 北方园艺, 2017(20): 122-128.
HUANG Shansong, SHEN Hui, TIAN Juncang, et al. Effects of sand-mulching years on physiological characteristics and yield of watermelon in sand-mulching field in arid regions under natural conditions[J]. Northern Horticulture, 2017(20): 122-128.
- [20] 胡景田, 马琨, 王占军, 等. 荒地不同压砂年限对土壤微生物区系、酶活性与土壤理化性状的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 53-58.
HU Jingtian, MA Kun, WANG Zhanjun, et al. Effects of gravel mulch on soil microbial population, enzyme activity and physicochemical properties in wasteland[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2010, 30(3): 53-58.
- [21] 王菲, 王建宇, 贺婧, 等. 压砂瓜连作对土壤酶活性及理化性质影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(5): 108-114.
WANG Fei, WANG Jianyu, HE Jing, et al. Investigation on the effects of continuous cropping of Xisha water melon on the soil enzyme activities and physical-chemical properties[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(5): 108-114.
- [22] 马中昇, 谭军利, 马小福, 等. 不同种植年限对压砂地土壤盐分及西瓜产量的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(11): 1 200-1 204.
MA Zhongsheng, TAN Junli, MA Xiaofu, et al. Effects of different planting years on soil salinity and watermelon yield in gravel-sand mulched field[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2018, 36(11): 1 200-1 204.
- [23] 王晓静, 石欣, 赵银宝. 宁夏不同压砂地龄土壤养分对西砂瓜品质的影响[J]. 北方园艺, 2015(17): 150-153.
WANG Xiaojing, SHI Xin, ZHAO Yinbao. Effect of soil nutrients of different age grave-covered field on quality of water-melon in Ningxia[J]. Northern Horticulture, 2015(17): 150-153.

Effect of Long-term Brackish Water Irrigation on Soil Water and Salt Distribution, and Yield and Quality of Watermelon in Sand-mulched Field

TAN Junli^{1,2,3}, WANG Xi'na^{4*}, MA Xiaofu¹, TIAN Juncang^{1,2,3}

(1. School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Engineering Research Center of the Ministry of Education for Modern Agricultural Water Resources High Efficiency in Arid Area, Yinchuan 750021, China; 3. Engineering and Technology Research Center of Water-saving and Water Resource Regulation in Ningxia, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 4. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: 【Objective】 Brackish water has been used as a supplementary irrigation resource in some arid and semi-arid regions in northwestern China, but the impact of its long-term application on soil environment and crop growth and quality is not well understood. The objective of this paper is to fill this knowledge gap using watermelon as an example. 【Method】 The experiment was conducted in fields with sand mulch, where brackish water has been used as a supplementary irrigation resource for varying periods ranging from 2 to 14 years. During the experiment, we measured the distribution of soil water and salt in the 0~60 cm soil layer, soil bulk density, as well as the yield and quality of watermelon. An uncultivated piece of land nearby was used as the control. 【Result】 Soil salt content increased with the increase in duration of brackish water irrigation in both tendril elongation and harvest stage. The highest soil salt content was in the 20~40 cm soil layer for the control, and in the 40~60 cm soil layer for the sand-mulched field. The supplementary brackish water irrigation increased the soil moisture content in flowering and fruit-setting stages, but the increase varied in that with the increase in the duration of the brackish water irrigation, the soil water content increased first and then declined. The highest soil moisture content in the sand-mulched field was in the surface layer (0~10 cm), while for the control it was in the 10~20 cm soil layer. Sand mulch increased soil bulk density in the 0~40 cm soil layer and soil compaction in the 0~8 cm soil layer. It was also found that with the increase in length of brackish water irrigation, the yield and soluble solids content in the watermelon decreased, while the fruit quality improved first followed by a decline. 【Conclusion】 Long-term use of brackish water for supplementary irrigation in the sand-mulched fields increased soil bulk density and compaction in the upper soil layers, as well as soil moisture and salt content. As the years of brackish water irrigation increased, the yield of watermelon decreased while the quality of its fruits showed an initial improvement before deteriorating.

Key words: brackish water; gravel-sand mulched field; watermelon; supplementary irrigated years; soil salinity

责任编辑: 白芳芳