



张术伟,常春艳,王卓然,等.黄河三角洲不同盐度壤土表层水盐关系研究[J].黑龙江农业科学,2022(7):43-48,49.

黄河三角洲不同盐度壤土表层水盐关系研究

张术伟,常春艳,王卓然,高 鹏,赵庚星

(山东农业大学 资源与环境学院/土肥高效利用国家工程研究中心,山东 泰安 271018)

摘要:为防治黄河三角洲土壤次生盐渍化,通过配制轻度、中度、重度盐渍化程度的壤质土体,进行土壤水盐关系试验,利用经典统计分析、线性回归分析、Origin 图表分析方法,探讨了在加水升盐、淋水降盐、蒸发返盐过程中土壤水盐之间的相互关系,在此基础上,通过测算土体田间持水量估算了大田降盐灌水参数。结果表明,(1)升盐过程中,土壤表层水盐呈现正向线性关系,含水率的增加对含盐量较高的土体影响较显著,高水高盐环境下的水盐相关性高于低水低盐环境下的水盐相关性;(2)降盐过程中,土壤表层水盐呈现负向线性关系,达到田间持水量后再注入 2% 的水时,各土体内盐分下降的幅度最大,随后趋于平缓;(3)当体积含水率达到 20% 时,土体达到田间持水量,每 667 m² 农田灌入约 6.6 m³ 水时,中度盐渍化土降为轻度盐渍化;灌入约 7.8 m³ 水时,重度盐渍化土降为轻度盐渍化;(4)自然蒸发情况下,重度盐渍土体返盐速率明显快于中度盐渍土。

关键词:土壤盐渍化;电导率;土壤含水率;土壤含盐量;线性关系

黄河三角洲位于山东省北部渤海湾南岸和莱州湾西岸,是黄河携带大量泥沙在渤海凹陷处日益沉积形成的冲积平原,生态系统较为特殊复杂,具有较大的生态潜力和经济价值^[1]。由于该区土壤次生盐渍化严重,已成为制约黄河三角洲农林业发展的重要因素^[2]。盐渍化的形成与水盐动态密切相关^[3],因此,研究土壤水盐相互关系及影响因素,已成为滨海盐碱地研究的热点之一。

田间持水量指在地下水较深和排水良好的土地上充分灌水、降水或融雪后,经过一定时间,与地下水无联系的土壤上层毛管悬管水(属于束缚水)达到最大时的土壤含水量,常用来作为灌溉上限和计算灌水定额的指标^[4]。土壤电导率可以直接反映出混合盐的含量,是衡量一个地区土壤盐渍化程度的重要指标。有关土体含水率和含盐量之间的关联性,国内外相关研究已取得了一定的研究成果,可归纳为 3 个方面,一是升盐过程中的水盐关系,二是降盐过程中水盐动态,三是返盐条件下的水盐变化。在升盐过程的水盐关系研究方面,Handson 等^[5]采用 EM38 型大地电导率仪研究了含水率对土体电导率的影响,明确了 3 个土

体含盐梯度下土体电导率随含水率增加呈线性增长的趋势。Kurtuluş 等^[6]利用烘箱及快速湿度仪探究不同含水率条件下土壤电导率变化特征,结果表明电导率与含水率呈线性函数正相关关系。李瑛等^[7]采用四相电极法探讨了电渗过程中含水率对软黏土电导率的影响,表明随着含水率的增大土壤含盐量呈线性增长的趋势。罗战友等^[8]采用 MillerSoilBox 试验装置揭示不同水盐条件下淤泥质土的电渗电导率特性,指出土体总电导率与实时含水量呈近似线性变化。在降盐试验研究方面,朱伟等^[9]选取中重度盐渍化棉田研究不同程度盐渍化土壤剖面水盐运移规律,对比得出各生长期土壤剖面水分吸收及脱盐情况。胡琴等^[10]通过室内土柱模拟试验研究不同灌水量对黄河三角洲盐碱地的改良效果,得出不同深度土层盐分及各离子在不同灌水量条件下的变化规律。尹春艳等^[11]通过室内土柱淋洗脱盐模拟试验探索在不同淋洗条件下土壤脱盐规律,分析总结在连续淋洗和间歇淋洗条件下不同土层电导率的变化过程及土体脱盐过程。在返盐试验研究方面,刘洪光等^[12]应用 HYDRUS-2D 数值模型研究膜下滴灌暗管排水条件下棉田土壤盐分变化规律,模拟分析了在生育周期内和秋季返盐阶段棉田土壤盐分变化情况。王曼华等^[13]采用室内土柱模拟实验探究秸秆双层覆盖对盐碱土的改良效应及机制,对照得出不同秸秆覆盖方式对土壤水分蒸发、土壤返盐的抑制效果。总体看,目前水盐

收稿日期:2022-04-12

基金项目:国家自然科学基金(41877003);山东省重大科技创新工程项目(2019JZZY010724);山东省“双一流”奖补资金(SYL2017XTTD02)。

第一作者:张术伟(1998—),女,硕士研究生,从事土地资源与信息研究。E-mail:zsw00019@163.com。

通信作者:赵庚星(1964—),男,博士,教授,博导,从事土地资源遥感及信息技术应用研究。E-mail:zhaogx@sda.u.edu.cn。

关系研究多针对单一水盐过程,尚缺少对升盐、淋盐、返盐全过程中水盐关系的系统分析。

黄河三角洲作为典型的滨海盐渍土区,砂壤和轻壤土分布广泛,面积比例超过 70%,厘清其水盐关系及动态特征,对该区盐渍土资源的合理开发利用具有重要意义。长期以来,针对该区盐渍土的研究,多为宏观区域层面的水盐特征、变异规律及改良措施分析,针对微观角度水盐关系的试验性机理研究需要进一步加强。因此,本研究以黄河三角洲代表性壤土为研究对象,探讨随着水分增加,盐分积累、下降及上返变化过程中的土壤水盐关系,旨在为大田灌水排盐及防治土壤次生盐渍化提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验装置与材料

试验所用土壤为采自黄河三角洲地区黄河滩地的壤土,土壤容重为 $1.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,原始含盐量为 $0.56 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,系脱盐土,供试土壤经室外自然风干后备用。试验装置如图 1,上部为顶端敞口的装土容器,底部开微孔,以保证整个土体水分、盐分的连续性和均一性,下部为盛水容器,用来收集上方土体渗漏的水分,容器内部有细绳引导下部水分上升到上部。考虑研究区表层土壤厚度,称取土体装入容器 20 cm 刻度线处,并用电子秤称量总质量。采用纯净水和氯化钠溶液配制不同含盐量的盐渍土试样,得到 542,1 441 和 2 330 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ 三种电导率梯度,各梯度对应实际含盐量分别为 1.91,3.87 和 5.81 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,即轻度、中度、重度水平盐渍土,编号分别为 a1、b1 和 c1。

1.2 试验设计

1.2.1 盐随水上升试验 土壤体积含水率为水的体积与土体体积的比值,本试验已测土体体积为 5 000 mL,向土体中加入 100 mL 的水,则其体积含水率为 2%。以 2% 的体积含水率为起点,根据土体体积计算加水量,依次加入 2% 的水,形成间隔为 2% 的体积含水率梯度,当土体达到田间持水量,开始向下渗水时,即结束加水。同时,测量每个含水率梯度对应的土壤电导率值。每个处理 3 次重复。

1.2.2 盐随水下降试验 待土体开始渗水时,记录土壤体积含水率,即田间持水量。依次加入 2% 的水,同时记录各梯度电导率,重点记录中度盐渍化土体(b1)降为轻度盐渍化土体,重度盐渍

化土体(c1)降为中度、轻度盐渍化土体时的体积含水率,待各土体盐度水平降为轻度即停止加水。

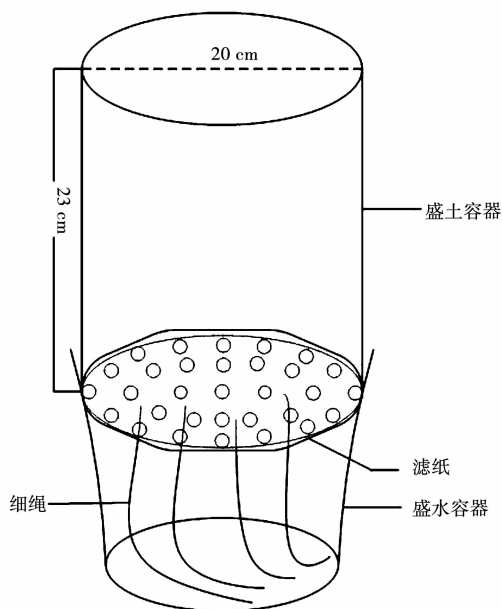


图 1 试验装置示意图

1.2.3 室外土体返盐试验 将淋盐过程中下渗的水收集在下部的盛水容器中,将装有中度(b1)、重度土体(c1)的装置,移至室外。每天测量土体电导率,重点记录轻度升至中度盐度水平、轻度升至中度及重度盐度水平时的天数。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤电导率测定 考虑野外植被根系生长的主要土层深度,静置试验装置待水渗透后采用 EC110 便携式盐分计测量土体 15 cm 深度处的电导率。为有效避免因土体固相组分结构不同引起的土体电导率差异,将盐分计压入土深 15 cm 刻度线,确保盐分计探头与土体紧密接触,并计算多点测量的平均值。

1.3.2 土体田间持水量的测定 砂箱法^[14]是土壤田间持水量测定的常用方法,本试验借鉴砂箱法原理,待装置中土体开始渗水时停止加水,静置 10 min,待不再向下渗水后,将浸透水的土体连带容器称重。

$$\text{田间持水量} = (A_2 - A_1) / A_1$$

式中, A_1 为初始干土体与容器的总质量, A_2 为水饱和的土体与容器的总质量。

1.4 数据分析

采用 SPSS 20.0、Excel 2017 和 Origin 8.0 软件进行数据的统计分析处理,结果采用平均值±标准差方法表示。

1.4.1 电导率数据转换及分析 根据本实验室前期结果,土壤电导率(EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)与含盐量($\text{St}, \text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)之间的关系方程为 $\text{St}=0.00218\text{EC}+0.727^{[15]}$, 以此模型将测得的电导率数值转换为含盐量数据,并将土壤含盐量划分为3个等级,轻度盐化含盐量为 $1.0\sim2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,中度盐化含盐量为 $2.0\sim4.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,重度盐化含盐量为 $4.0\sim6.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^[16]。

1.4.2 水盐关系分析 以含盐量数据为 y 轴,含水率数据为 x 轴做回归曲线,分析含水率和含盐量之间的回归关系。若呈正相关关系,即随着土壤水分含量的增加有积盐趋势;若呈负相关关系,即随着土壤水分含量的增加有脱盐趋势。回归方程斜率绝对值 k 的大小可用于比较随着土壤水分的增加积盐或脱盐的速率。回归方程决定系数 R^2 的大小用于比较土壤水盐相关程度。

1.4.3 实际农田持水量及灌水量的换算 考虑试验相关参数在农田中的实际应用,将土体田间持水量、体积含水率等换算为每 667 m^2 农田表层土壤的最大持水量及淋洗脱盐的灌水量。

单位面积农田表层最大持水量= $667\text{ m}^2\times$ 灌溉面积校正系数 \times 灌溉深度 \times 土壤容重 \times (田间持水量-凋零系数) \times 灌水量校正系数

单位面积农田表层土壤灌水量= $667\text{ m}^2\times$ 灌溉面积校正系数 \times 灌溉深度 \times 体积含水率 \times 灌水量校正系数

参考相关文献^[17],式中各参数为土壤容重 $1\,300\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、灌溉深度 0.15 m 、凋零系数 9% 、灌溉面积校正系数 0.7 、灌水量校正系数 0.6 。

2 结果与分析

2.1 不同盐度土壤含盐量随含水率变化的关系

不同盐渍化程度的土体含盐量随着含水率增加的变化趋势如图2、表1所示,在初始含盐量不同的条件下,土壤含盐量均随着含水率的增加而逐渐增大。对含水率和含盐量之间的关系进行回归分析发现,在3种含盐量梯度条件下,土体含盐量和含水率均符合线性函数关系,且具有较高的拟合优度($R^2>0.96$)。回归方程的斜率大小为: $|k_{\text{重度}}|>|k_{\text{中度}}|>|k_{\text{轻度}}|$,说明土体含盐量增加幅度随含水率的增加而增大,决定系数为 $|R^2_{\text{重度}}|>|R^2_{\text{中度}}|>|R^2_{\text{轻度}}|$,说明较高盐分的土体水盐相关性强于较低含盐量土体。将含水率分为三个梯度, $2\%\sim6\%$ 为1组, $8\%\sim12\%$ 为2组, $14\%\sim$

18% 为3组,依次对含盐量不同的土体在3个含水率梯度下的水盐相关性加以分析,由表2可以看出,在同一土体中,不同含水率梯度下, $R^2_{(3)}>R^2_{(2)}>R^2_{(1)}$,说明随着含水率的增加,土壤水盐相关性随之增加。

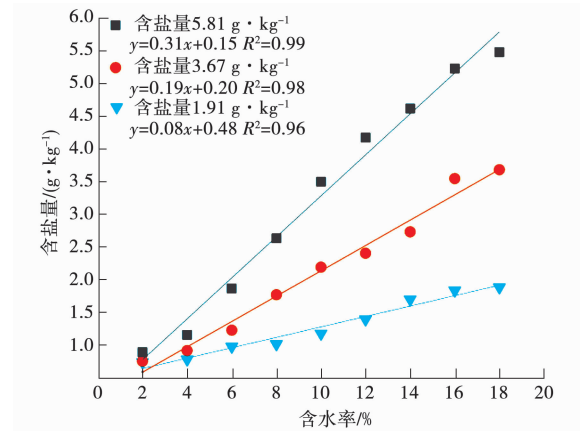


图2 不同初始含盐量土壤水盐关系

表1 不同盐度土体中盐分随含水率上升变化

含水率/%	含盐量/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
0	1.91	3.67	5.81
2	0.741 ± 0.001	0.756 ± 0.004	0.892 ± 0.013
4	0.783 ± 0.006	0.917 ± 0.017	1.158 ± 0.018
6	0.980 ± 0.014	1.228 ± 0.051	1.867 ± 0.032
8	1.017 ± 0.008	1.771 ± 0.051	2.634 ± 0.063
10	1.178 ± 0.017	2.192 ± 0.081	3.498 ± 0.144
12	1.395 ± 0.015	2.406 ± 0.048	4.174 ± 0.083
14	1.700 ± 0.018	2.733 ± 0.040	4.617 ± 0.147
16	1.837 ± 0.039	3.547 ± 0.040	5.229 ± 0.106
18	1.885 ± 0.013	3.682 ± 0.110	5.479 ± 0.175

表2 不同含水率梯度和盐度土体的水盐回归方程

含盐量梯度	含水率梯度	回归方程	决定系数 R^2
低度	1	$y=5.98x+0.59$	0.87
	2	$y=9.45x+0.23$	0.93
	3	$y=5.88x+0.81$	0.94
中度	1	$y=11.80x+0.47$	0.88
	2	$y=18.38x+0.24$	0.94
	3	$y=23.73x-0.65$	0.95
重度	1	$y=25.38x+0.28$	0.91
	2	$y=38.50x-0.54$	0.95
	3	$y=24.05x+1.29$	0.97

2.2 不同盐度土体降盐过程中的水盐关系

降盐过程中,不同盐渍化程度的土体含盐量随含水率减少的变化趋势如图 3、表 3 所示,达到田间持水量之后,在含盐量不同的土体中,含盐量均随着含水率的增加而逐渐降低。对含水率和含盐量之间的关系进行回归分析发现,3 种不同盐度土体含盐量和含水率均符合线性函数关系,且具有较高的拟合优度($R^2>0.90$)。回归方程的斜率大小为: $|k_{\text{重度}}|>|k_{\text{中度}}|>|k_{\text{轻度}}|$,说明盐分越高,盐分随着水分下降的速率越快,决定系数表现为 $|R^2_{\text{重度}}|>|R^2_{\text{中度}}|>|R^2_{\text{轻度}}|$,说明较高盐分的土体水盐相关性强于较低含盐量土体。

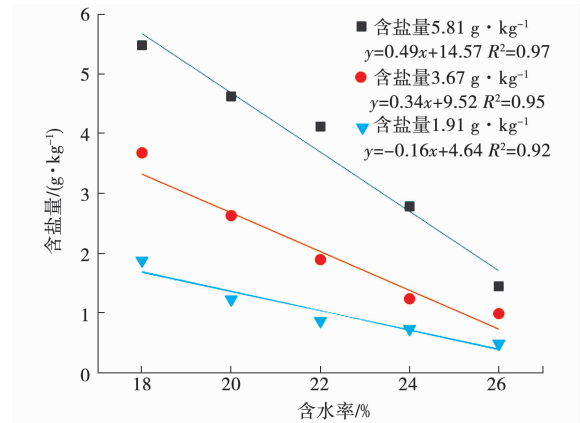


图 3 不同含盐量土体降盐过程中的水盐关系

表 3 不同含盐量土体降盐过程中的水盐数值变化

含水率/%		含盐量/(g·kg ⁻¹)		
18	1.885±0.013	3.682±0.110	5.479±0.175	
20	1.236±0.294	2.633±0.320	4.625±0.295	
22	0.877±0.189	1.899±0.147	4.122±0.281	
24	0.743±0.103	1.244±0.363	2.788±0.118	
26	0.495±0.087	1.198±0.365	1.451±0.309	

2.3 农田持水量及降盐灌水量的计算

中度盐渍土土体总重 5.655 kg,达到最大持水量时,总重为 6.780 kg,此时体积含水率为 20%;重度盐渍土土体总重 5.712 kg,达到最大持水量时,总重为 6.850 kg,此时体积含水率为 20%。因此每 667 m² 农田表层最大持水量 = 667 m²×0.7×0.15 m×1 300 kg·m⁻³×(0.2-0.09)×0.6=6 009.003 kg≈6 m³。由表 3 可知,达到田间持水量后,当中度盐渍化土体继续供水至水量达到土体含水率 22%时,中度盐渍土降为轻度盐渍土;当重度盐渍化土体供水达到体积含水率 24%时,重度盐渍土降为中度盐渍土,当

体积含水率达 26%时,进而由中度盐渍土降为轻度盐渍土。2%的体积含水率换算成大田灌水量为 0.6 m³。由此换算可知,体积含水率为 22%时,大田灌水量为 6.6 m³;体积含水率为 24%时,大田灌水量为 7.2 m³;当体积含水率为 26%时,大田灌水量为 7.8 m³。因此,排水良好的壤质中度盐渍农田,若实现表层土壤脱盐,则至少需要 6.6 m³ 的盐分淋洗水量,而重度盐渍农田表层脱盐至轻度,则至少需要 7.8 m³ 的淋盐水量。

2.4 不同盐度土体返盐过程中含盐量的变化

由图 4 可以看出,自然蒸发情况下,重度盐渍土体返盐速率明显快于中度盐渍土,且均是初期(前 2 d)的返盐速率较高,后期(2 d 后)返盐速度趋缓。移置室外第 1 天,初始值为中度盐渍化土体由洗盐过后的轻度盐渍化土(1.198 g·kg⁻¹,表 3)上升为中度盐渍化土(2.130 g·kg⁻¹,表 4),初始值为重度盐渍化土体由洗盐过后的轻度盐渍化土(1.451 g·kg⁻¹)上升为中度盐渍化土(2.305 g·kg⁻¹)。第 2 天,盐分上升较为明显,初始值为中度盐渍化土体,含盐量由 2.130 g·kg⁻¹上升至 3.251 g·kg⁻¹;初始值为重度盐渍化土体,含盐量由 2.305 g·kg⁻¹上升至 3.588 g·kg⁻¹。至第 4 天,初始值为重度盐渍化土体含盐量(4.090 g·kg⁻¹)已返盐到重度盐渍化土水平(表 4)。

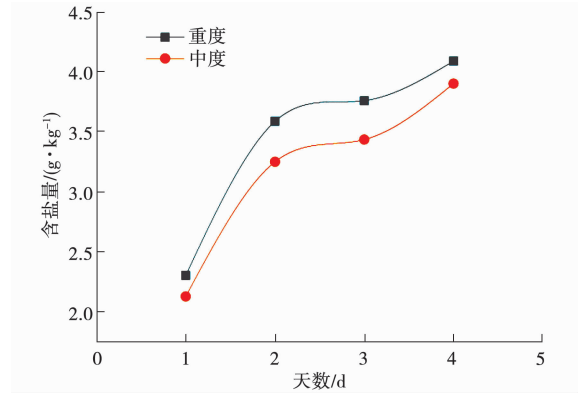


图 4 中度和重度土体返盐过程中含盐量变化曲线

表 4 不同试验组中度和重度土体返盐过程的盐分变化
单位:g·kg⁻¹

天数/ d	试验组 1		试验组 2		试验组 3		均值	
	重度	中度	重度	中度	重度	中度	重度	中度
1	2.219	2.128	2.186	2.011	2.511	2.251	2.305	2.130
2	3.632	3.224	3.605	3.369	3.528	3.159	3.588	3.251
3	3.940	3.455	3.466	3.264	3.873	3.590	3.760	3.436
4	4.111	3.954	3.916	3.844	4.244	3.907	4.090	3.902

3 讨论

土体颗粒间较大孔隙由连续的重力水联通,重力水会溶解土体中的盐分,因此在灌溉初期随着土体含水率的逐步增加,土体含盐量快速增加,在这一过程中水盐呈现线性正相关关系,但当接近饱和含水率时,土壤含盐量增加速率逐渐放缓,这与李志华^[18]和孙宇瑞^[19]的相关研究结果一致。在土体孔隙度、固体颗粒组成及含水率等条件相同的情况下,当孔隙溶液盐分的溶解度尚未达到饱和状态时,随着土体含盐量增加,能够溶解于土体孔隙水中的盐分亦相应增多,因此含水量增加对土体含盐量的影响较显著,水盐决定系数相对较高,这与徐志闻等^[20]研究结果相同。实际生产中,大田灌水期间,伴随着升盐的过程,会出现淋洗水量不足而引发的盐碱化,因此,比耕地、林地土体盐度更高的光板地、荒草地,其水盐相关性更为显著,需要根据相应的土地利用类型拟定合理有效的灌水量。

本试验所用降盐方式类似于大田滴灌,有关研究表明漫灌条件下水盐整体状况优于滴灌,但易造成土壤水分流失浪费,滴灌方式便于灌水量的精准控制且作物对水肥的利用效率大于漫灌^[21]。罗雪园等^[22]通过开展室外土柱模拟淋洗试验,得出灌水量相同情况下,间歇淋洗的效果好于连续淋洗,因此在大田灌溉中,待滴灌第一次的淋水静置渗入土体,再进行第二次淋洗,这种连续循环淋洗效果更好。降盐过程中,土壤质地差异会对土壤表层水分入渗、蒸发等作用造成影响进而影响盐分含量,颗粒直径大的土壤保水性差,水分入渗速率和蒸发速率快,盐分在土壤中移动频率高^[23]。本研究以黄河三角洲壤土作为研究对象,实际生产中则存在砂、壤、黏相间的多种土体构型,从而导致土壤水盐运移的差异^[24]。因此应根据土体构型、土壤质地选择适宜的灌水流量及次数,才能得到较好的压盐降盐效果。

本研究的砂壤土田间持水量约为 20%,有关研究^[25]表明不同土壤质地田间持水量差异较大,粘土、壤土、砂土随土壤颗粒逐渐变大、粘着力减小,其田间持水量呈递减趋势。因此应根据不同土壤质地的田间持水量调整整体灌水量和单次灌水量。在今后的研究中,也可增加田间试验探究不同盐渍化程度及不同淋洗深度对盐分淋洗

定额确定的影响,确定最佳淋洗定额^[26-27]。依据王卓然等^[28]研究结果,黄三角地区土壤含盐量 $3.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 是种植农作物的盐度均值上限,本试验中,中度盐渍化土体体积含水率达到 20% 时即实际注入约 6 m^3 水时,重度盐渍化土体体积含水率达到 24% 即实际注入约 7.2 m^3 水时,土壤含盐量能适合作物正常生长要求。

浅水强烈蒸发则会造成土壤表层积盐^[29],相较于夏季降水期,春秋季节土壤水分蒸发剧烈更易导致土体返盐,因此,地下水位应被控制在临界水位以下,即毛管水强烈上升高度+安全值(耕作层深度)^[30],今后可结合大田实际增加室内试验确定临界深度估算值,并通过灌水排水对地下水位进行调节控制。在返盐试验中,重度盐渍土返盐速率快于中度盐渍土,可通过累加灌溉并根据土壤盐度调整灌溉量,同时本试验用壤土相较于黏性土亦更易于发生返盐现象^[31-32]。有关研究发现土壤水分累积蒸发量与土壤累积含盐量存在高度正相关关系^[12],因此通过对土壤表层进行秸秆、地膜等覆盖处理,可有效抑制土壤水分蒸发和盐分迁移过程^[33-36],为抑制土壤返盐提供有效措施和方法。

4 结论

本研究结果表明,升盐过程中,土壤表层水盐呈现正向线性关系,含水率的增加对含盐量较高的土体影响较显著,高水高盐环境下的水盐相关性高于低水低盐环境下的水盐相关性。降盐过程中,土壤表层水盐呈现负向线性关系,且较高盐分的土体水盐相关性强于较低含盐量土体。达到田间持水量后再次注入 2% 的水时,各土体内盐分下降的幅度最大,随后趋于平缓。当体积含水率达到 20% 换算灌入约 $6 \text{ m}^3 \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ 水时,土体达到田间持水量,灌入约 6.6 m^3 水时,中度盐渍化降为轻度盐渍化;灌入约 7.8 m^3 水时,重度盐渍化降为轻度盐渍化。在自然蒸发情况下,室外第 1 天,中度盐渍化土体由降盐后的轻度盐渍化返盐达到中度盐渍化水平,第 4 天达到重度盐渍化水平。重度盐渍化土体返盐速率明显快于中度盐渍化土体。

本研究运用室内试验,系统探索了黄河三角洲壤土升盐、降盐、返盐过程中的水盐变化特征,研究结果对于滨海盐渍土区节水灌溉降盐、作物高效高产栽培有重要参考价值。

参考文献：

- [1] 贺文君,韩广轩,颜坤,等.微地形对滨海盐碱地土壤水盐分布和植物生物量的影响[J].生态学杂志,2021,40(11):3585-3597.
- [2] 李小倩,夏江宝,赵西梅,等.不同潜埋深下浅层土壤的水盐分布特征[J].中国水土保持科学,2017,15(2):43-50.
- [3] 肖泽岸,赖远明.冻融和干湿循环下盐渍土水盐迁移规律研究[J].岩石力学与工程学报,2018,37(S1):3738-3746.
- [4] 辛玉琛.仪器法在田间持水量测定中的应用[J].中国防汛抗旱,2019,29(9):38-41.
- [5] HANDSON B R, KAITA K. Response of electromagnetic conductivity meter to soil salinity and soil-water content [J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1997, 123(2):141-143.
- [6] KURTULUŞ Ç, YEKEN T, DURDA D. Estimating the soil water content using electrical conductivity, oven method and speedy moisture tester [J]. Eurasian Soil Science, 2019, 52(12):1577-1582.
- [7] 李瑛,龚晓南,郭彪,等.电渗软黏土电导率特性及其导电机制研究[J].岩石力学与工程学报,2010,29(S2):4027-4032.
- [8] 罗战友,陶燕丽,周建,等.杭州淤泥质土的电渗电导率特性研究[J].岩石力学与工程学报,2019,38(S1):3222-3228.
- [9] 朱伟,杨劲松,姚荣江,等.黄河三角洲中重度盐渍土棉田水盐运移规律研究[J].土壤,2021,53(4):817-825.
- [10] 胡琴,陈为峰,宋希亮,等.不同灌水量对黄河三角洲盐碱地改良效果研究[J].水土保持学报,2019,33(6):305-310,325.
- [11] 尹春艳,陈小兵,刘虎,等.不同淋洗条件下黄河三角洲盐渍土脱盐规律研究[J].灌溉排水学报,2019,38(3):76-82.
- [12] 刘洪光,白振涛,李开明.基于 HYDRUS-2D 模型的膜下滴灌暗管排水棉田土壤盐分变化[J].农业工程学报,2021,37(2):130-141.
- [13] 王曼华,陈为峰,宋希亮,等.秸秆双层覆盖对盐碱地水盐运动影响初步研究[J].土壤学报,2017,54(6):1395-1403.
- [14] 许静.不同试验方法测定田间持水量的对比研究[D].长春:吉林大学,2018.
- [15] 王卓然,赵庚星,高明秀,等.黄河三角洲垦利县夏季土壤水盐空间变异及土壤盐分微域特征[J].生态学报,2016,36(4):1040-1049.
- [16] 崔昆,赵庚星,王卓然,等.黄河三角洲夏季典型田块土壤盐分的多尺度空间变异[J].应用生态学报,2020,31(5):1451-1458.
- [17] 梁飞.如何利用田间持水量和土壤容重确定滴灌作物一亩地的最大灌溉量? [EB/OL]. (2020-03-03)[2022-02-10]. <https://www.huahuibk.com/view/44312.html>.
- [18] 李志华.季节性冻融期盐渍土水热盐耦合关系研究[D].兰州:兰州大学,2011.
- [19] 孙宇瑞.土壤含水率和盐分对土壤电导率的影响[J].中国农业大学学报,2000(4):39-41.
- [20] 徐志闻,刘亚斌,胡夏嵩,等.基于水分和原位电导率的西宁盆地盐渍土含盐量估算模型[J].农业工程学报,2019,35(5):148-154.
- [21] 张晶,党建友,张定一,等.节水灌溉方式与磷钾肥减施对小麦产量、品质及水肥利用效率的影响[J].水土保持学报,2020,34(6):166-171.
- [22] 罗雪园,周宏飞,柴晨好,等.不同淋洗模式下干旱区盐渍土改良效果分析[J].水土保持学报,2017,31(2):322-326.
- [23] 薛新伟,杨恒山,张瑞富,等.滴灌对半干旱地区土壤水盐运动和次生盐渍化影响的研究进展[J].中国农学通报,2019,35,539(32):89-94.
- [24] 陈丽娟,冯起,王昱,等.微咸水灌溉条件下含黏土夹层土壤的水盐运移规律[J].农业工程学报,2012,28(8):44-51.
- [25] 钟诚,张军保,韩晓明,等.不同土壤质地田间持水量实验成果分析[J].东北水利水电,2014,32(5):65-67.
- [26] 窦旭,史海滨,李瑞平,等.暗管排水条件下春灌定额对土壤水盐运移规律的影响[J].农业机械学报,2020,51(10):318-328.
- [27] 张万锋,杨树青,靳亚红,等.秸秆深埋下灌水量对土壤水盐分布与夏玉米产量的影响[J].农业机械学报,2021,52(1):228-237.
- [28] 王卓然,赵庚星,高明秀,等.黄河三角洲典型地区春季土壤水盐空间分异特征研究——以垦利县为例[J].农业资源与环境学报,2015,32(2):154-161.
- [29] 尹春艳.黄河三角洲滨海盐渍土水盐运移特征与调控技术研究[D].烟台:中国科学院烟台海岸带研究所,2017.
- [30] 李明,宁立波,卢天梅.土壤盐渍化地区地下水临界深度确定及其水位调控[J].灌溉排水学报,2015,34(5):46-50.
- [31] 张国祥,申丽霞,郭云梅.微润灌溉条件下土壤质地对水分入渗的影响[J].灌溉排水学报,2016,35(7):35-39.
- [32] 邹桂梅,黄明勇,苏德荣,等.蒸发条件下不同地下水位夹砂层土壤水盐运移特性研究[J].中国农学通报,2010,26(11):206-211.
- [33] 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.
- [34] 赵永敢,王婧,李玉义,等.秸秆隔层与地膜覆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.
- [35] 仲昭易,张瑜,冯绍元,等.秸秆深埋结合地膜覆盖土壤水盐运移模拟试验研究[J].灌溉排水学报,2019,38(6):25-30.
- [36] 赵文举,马宏,豆品鑫,等.不同覆盖模式下土壤返盐及水盐运移规律[J].干旱地区农业研究,2016,34(5):210-214.



赵秀梅,郑旭,王立达,等. 氨唑草酮土壤处理对春玉米田杂草的防治效果[J]. 黑龙江农业科学,2022(7):49-54.

氨唑草酮土壤处理对春玉米田杂草的防治效果

赵秀梅,郑旭,王立达,刘洋,李青超,王连霞,刘悦,兰英

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为了明确氨唑草酮土壤处理对春玉米的安全性及对一年生禾本科及阔叶杂草的防除效果,2020 年进行了氨唑草酮土壤处理防治春玉米杂草田间药效探索试验。结果表明,春玉米播后苗前土壤处理,氨唑草酮在试验剂量范围内(有效成分用量 $250\sim 750\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$)安全性较好;氨唑草酮对一年生禾本科杂草防除效果偏低,对一年生阔叶杂草的防除效果较好,而氨唑草酮+精异丙甲草胺混施对一年生禾本科及阔叶杂草的防除效果均较好,施药后 30 和 45 d,总株防效及总鲜重防效达 $96.5\%\sim 98.9\%$,并且持效期可达 45 d 以上。建议施药剂量(有效成分用量)为 70% 氨唑草酮水分散粒剂 $500\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}+960\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 精异丙甲草胺乳油 $1\,000\text{ g}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

关键词:氨唑草酮;土壤处理;春玉米;安全性;防治效果

黑龙江省是我国重要的春玉米主产区,2020 年玉米种植面积为 548.1 万 hm^2 ,产量达 $3\,646.6\text{ 万 t}$,玉米种植面积、产量和商品化率均居全国首位,是

当好国家粮食“压舱石”的第一大作物。目前,黑龙江省春玉米田几乎全部采用化学除草剂防治杂草,因此,选用安全、高效、低毒、低残留的除草剂对确保玉米生长安全及杂草的防除效果至关重要。氨唑草酮是一种三唑啉酮类除草剂,三唑啉酮是一类新型的、用量少、见效快、杀草谱广、不易产生抗药性的除草剂^[1-3]。氨唑草酮属于典型的光合作用抑制剂类除草剂,主要通过杂草的根系和茎叶吸收,通过抑制叶绿素生物合成过程中的原卟啉原氧化酶(Protoporphyrinogen Oxidase,

收稿日期:2022-03-27

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2021C008);黑龙江省农业科学院农业科技创新跨越工程专项(HNK2019CX14);中国科学院战略性先导科技粮土粮仓专项“面向全域定制的作物品种优选与栽培技术集成与示范”(XDA28130504)。

第一作者:赵秀梅(1970—),女,硕士,研究员,从事植物保护研究。E-mail:zxm0452@126.com。

Study on Surface Water-Salt Relationship of Loam with Different Salinities in Yellow River Delta

ZHANG Shu-wei, CHANG Chun-yan, WANG Zhuo-ran, GAO Peng, ZHAO Geng-xing

(College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University/National Engineering Laboratory for Efficient of Soil and Fertilizer Resources, Tai'an 271018, China)

Abstract: In order to prevent soil secondary salinization, in the Yellow River Delta, this paper prepared loam soil with mild, moderate and severe salinization, and carried out the experiment of soil water-salt relationship, the relationship between soil water and salt in the process of adding water to raise salt, pouring water to lower salt and evaporating back salt was discussed by using the methods of classical statistical analysis, regression analysis analysis and Origin chart analysis, the field water holding capacity of soil was calculated and converted into field water holding capacity, and the parameters of salt-reducing irrigation were estimated. The results showed that: (1) In the process of salt rising, there was a positive linear relationship between water and salt in the surface layer of soil, and the increase of water content had a significant effect on the soil with higher salt content, the water-salt correlation in the high water and high salt environment was higher than that in the low water and low salt environment; (2) The water-salt correlation in the soil surface showed a negative linear relationship in the process of salt reduction; (3) When the volume water content reached 20% , the soil reached the field water holding capacity, which was converted to about 6.6 m^3 water per 667 m^2 farmland, the moderately salinized soil became slightly salinized; when about 7.8 m^3 of water was injected, the severely salinized soil was reduced to slightly salinized soil; (4) Under the condition of natural evaporation, the rate of return salinization of heavy salinized soil was obviously faster than that of moderate salinized soil.

Keywords: soil salinization; electrical conductivity; soil moisture; soil salinity; linear relationship