

河套灌区不同种植方式对土壤盐碱特性的影响

靳昇¹, 赖黎明^{1,2*}, 张超¹, 白乐平¹, 李凯娟¹, 魏建婷¹

¹河套学院农学系 内蒙古巴彦淖尔市
²河套学院院士专家工作站 内蒙古巴彦淖尔市

【摘要】本研究选择了玉米-向日葵轮作(CS)与向日葵连作(SS)耕地两种种植模式进行试验研究。结果表明:在SS种植方式下,土壤pH值、碱化度均随时间呈上升趋势,水溶性总盐随时间呈下降趋势。在CS种植模式下,土壤pH值、碱化度和水溶性总盐均随时间变化呈下降趋势;CS下土壤盐碱特性随时间变化相比于SS有较为稳定。这些结果预示着河套灌区整体上土壤盐含量随时间逐渐降低,SS下土壤碱性随时间升高,CS下土壤碱性随时间降低。

【关键词】盐碱特性;不同耕作方式;时间变化趋势;河套灌区

【基金项目】河套学院人才引进启动项目(编号:HYRC2019006);河套学院科学技术研究项目(编号:HYZX201952);内蒙古科技厅河套学院巴彦淖尔生态治理与绿色发展院士专家工作站建设项目

Effects of Different Planting Methods on Soil Properties of Salinity in Hetao Irrigation District

Sheng Jin¹, Liming Lai^{1,2*}, Chao Zhang¹, Leping Bai¹, Kaijuan Li¹, Jianting Wei¹

¹Department of Agronomy, Hetao College
²Academician and Expert Workstation, Hetao College

【Abstract】 This study selected two lands with different cultivating methods (Corn-Sunflower Rotation (CS) and Sunflower continuous crop (SS)) in the HID. Results showed that the soil pH and exchange sodium percentage (ESP) had an increasing trend over time under the SS land, and total water-soluble salts had a decreasing trend over time. Under the CS land, the soil pH, ESP, and total water-soluble salts decreased with time; The changes in soil salinity and pH and ESP over time under the CS land were more stable than those under the SS land. These findings indicated that the overall soil salt content in the HID gradually decreased with time, and the soil pH and ESP increased with time under the SS land. Soil pH and ESP decreased with time under the CS land.

【Keywords】 Saline-alkali property; Different cultivating method; Temporal trend; Hetao Irrigation District

内蒙古河套灌区是我国三大灌区之一,地理位置位于我国黄河流域上游,有着得天独厚的农业优势,是我国十分重要的粮食生产区之一,河套灌区有耕地1020万亩^[1],其中不同程度的盐碱地484万亩。由于河套地区深层母质矿质化严重,该地区属内陆断陷盆地地势较低,长期的大水漫灌和排灌系统不配套导致地下水位升高。同时地处干旱少雨的寒旱区,蒸发量大于降雨量使得地下盐分上升导致年际周期性的土壤次生盐渍化^[2-4]。因此盐碱化是制约河套灌区作物生产的主要原因^[5,6]。如何降低土壤盐碱度与盐碱地面积对河套灌区农业发展有重要意

义。

很多研究报道了河套灌区盐碱地的研究成果。一是关于盐碱土壤改良方法的成果,河套灌区从1991-2014年间盐碱地整体呈缩小趋势^[7,8],由不同盐碱地土壤类型提出不同的改良措施,利用腐殖酸、有机肥、脱硫石膏等应用于河套灌区盐碱地改良剂,可以有效降低土壤盐碱特性^[9];不同种植模式如水旱轮作、翻压豆科绿肥等方式降低土壤pH值、EC、全盐含量^[10];利用暗管排水技术控制地下水埋深,防止次生盐渍化发生^[11-14]。二是关于盐碱地的基础研究成果。内蒙古河套灌区在冻结和融解过程中重

第一作者简介:靳昇,主要研究方向为土壤改良。

*通讯作者:赖黎明,主要研究方向为土壤质量评估与改良

度盐碱化土壤有严重的表层盐分聚集, 中度和轻度土壤盐分增加程度略小^[15], 蒸发作用、灌溉水、降雨、蒸发作用和土壤冻结是造成河套灌区灌溉土壤盐渍化的基本原因^[16], 灌溉水冲洗土层盐分降低土壤盐分进行“洗盐”, 有“盐随水来, 盐随水去”的规律^[11-14]。但是, 具体的土壤的盐碱性随时间的变化特点的研究很少。

因此本研究针对上述问题, 结合河套灌区不同种植方式, 在内蒙古河套灌区开展不同种植方式下对土壤盐碱特性随时间变化特征的影响的研究, 从而探究河套灌区土壤 pH 值、碱化度、土壤水溶性总盐随时间的变化特征, 为河套灌区盐碱地土壤改良提供一定的理论指导。

1 材料与方法

1.1 试验区选择与概况

试验土壤采取于内蒙古河套灌区双河镇马场地村不同种植方式玉米-向日葵轮作 (CS) 与向日葵连作 (SS) 的耕地土壤进行试验, (CS: 40°43'23.65" N, 107°28'36.67" E; SS: 40°43'33.73" N, 107°28'53.68" E, 海拔 1001 m)。两块试验田均为开荒地, CS 已种植 33 年, 面积 0.22 公顷, SS 试验地已种植 8 年, 面积 0.67 公顷。试验田属于中温带大陆性气候, 1982-2021 年平均气温 9.37°C, 年平均降水量 143.94 mm^[17], 灌溉方式均是引黄灌溉。试验地土壤为灌域土, CS 地土壤黏粒所占比例为 46.5%、粉粒所占比例为 45.7%、砂粒所占比例为 7.8%, SS 地土壤黏粒所占比例为 33.52%、粉粒所占比例为 54.64%、砂粒所占比例为 11.84%。

1.2 土壤样品采集与测定

本试验用随机布点的方法^[18]分两年采集土壤样品, 采样时间分别为 2019 年 6 月 11 日、8 月 6 日、10 月 7 日; 2020 年 6 月 8 日、8 月 7 日、10 月 8 日。每块试验地采集 4 个土壤样品, 每个样品由 4 小样混合而成。在距离作物根部 20 cm (不覆膜处) 采集 2 个小样, 在覆膜中间采集 2 个小样 (该试验田采取半覆膜方式)。采样深度分别为 0~20 与 20~40 cm。两年共采集耕层土壤样品 96 个。

用 pH 计测定土壤 pH 值 (水土比为 2.5: 1)^[19]。阳离子交换量的测定是用氯化铵乙酸铵交换法 (F-HZ-DZ-TR-0030)^[20]。交换性钠量用原子发射光度法 (F-HZ-DZ-TR-0035)^[21, 22]测定。土壤碱化

度的计算公式为交换性钠的量与阳离子交换量测的比值×100%^[23]。土壤水溶性总盐用实验室质量法^[24]测定。

1.3 统计分析

用 Microsoft Excel 2019 对试验数据进行整理, 并对其进行单因素方差分析 (One-way ANOVA), 显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 不同种植方式下 pH 随时间变化

(1) 不同种植方式下土壤 pH 值随时间的变化趋势

玉米-向日葵轮作种植方式下, 0~20 cm 和 20~40 cm 土层的 pH 值随时间变化趋势在 2019 年与 2020 年间整体呈现下降趋势。向日葵地连作种植方式下 0~20 cm 和 20~40 cm 土层的 pH 值随时间变化趋势在 2019 年与 2020 年间整体呈现上升趋势。在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层间向日葵地连作 pH 值整体高于玉米-向日葵轮作 (见图 1)。

(2) 不同种植方式下 0~20 cm 和 20~40 cm 土层土壤 pH 值随时间变化差值的比较

在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层中, 玉米-向日葵轮作在 2019 年 6 月、8 月、10 月和 2020 年 6 月、8 月、10 月间的土壤 pH 差值均无显著性变化 ($P>0.05$) (见表 1)。

2.2 不同耕作方式下碱化度随时间的变化

(1) 不同耕作方式下土壤碱化度随时间的变化趋势

玉米-向日葵轮作种植方式下, 0~20 cm 和 20~40 cm 土层的碱化度随时间变化趋势在 2019 年与 2020 年间整体呈现下降趋势。向日葵地连作种植方式下 0~20 cm 和 20~40 cm 土层的碱化度随时间变化趋势在 2019 年与 2020 年间整体呈现上升趋势。在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层间向日葵地连作的土壤碱化度整体明显高于玉米-向日葵轮作 (见图 2)。

(2) 不同种植方式下 0~20 cm 和 20~40 cm 土层土壤碱化度随时间变化差值的比较

向日葵地连作地中 0~20 cm 和 20~40 cm 土层碱化度整体均呈现上升趋势, 其中 0~20 cm 土层的上升趋势小于 20~40 cm 的上升趋势。在玉米-向日葵地轮作地中 0~20 cm 和 20~40 cm 土层碱化

度整体均呈现下降趋势, 其中 0~20 cm 土层的下降趋势大于 20~40 cm 的下降趋势, 在向日葵连作种植方式下 20~40 cm 碱化度高于 0~20 cm, 玉米-向日葵轮作种植方式下 0~20 cm 碱化度高于 20~40 cm。

2.3 不同耕作方式下水溶性总盐随时间变化

(1) 不同耕作方式下土壤水溶性总盐随时间的变化趋势

玉米-向日葵轮作和向日葵地连作不同种植方式下, 0~20 cm 和 20~40 cm 土层的水溶性总盐含

量随时间变化趋势在 2019 年与 2020 年间整体均呈现下降趋势。在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层间向日葵地连作的土壤水溶性总盐含量整体明显高于玉米-向日葵轮作。(见图 3)

(2) 不同种植方式下 0~20cm 和 20~40cm 土层土壤水溶性总盐含量随时间变化差值的比较

在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层中, 玉米-向日葵轮作在 2019 年 6 月、8 月、10 月和 2020 年 6 月 8 月、10 月间的土壤水溶性总盐含量差值均无显著性变化 ($P>0.05$)。(见表 3)

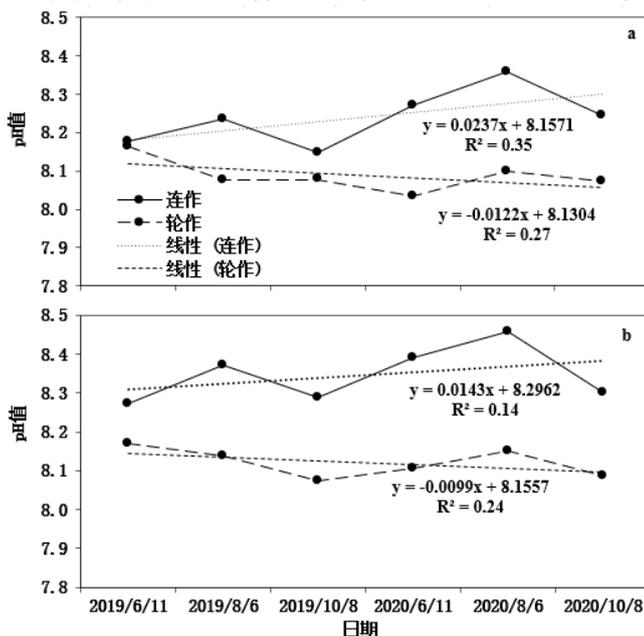


图 1 河套灌区双河镇试验点 0~20 cm (a) 与 20~40 cm (b) 深度下不同种植方式的 pH 值随时间变化趋势 (2019—2020)

表 1 河套灌区 0~20 cm 和 20~40 cm 土层不同种植方式下不同时间点的土壤 pH 差值比较

处理	pH 值					
	2019		2020		2020	
	8/6-6/11	10/7-8/6	10/7-6/11	8/7-	10/8-8/7	10/8-6/8
<u>0~20 cm</u>						
差值						
向日葵连作	-0.06 ^a	0.09 ^a	0.03 ^a	-0.09 ^a	0.05 ^a	0.03 ^a
玉米-向日葵轮作	0.09 ^a	0.01 ^a	0.09 ^a	-0.08 ^a	0.04 ^a	-0.04 ^a
	方差分析 ($P>F$)					
	0.08	0.42	0.73	0.93	0.75	0.08
<u>20~40 cm</u>						
差值						
向日葵连作	-0.10 ^a	0.08 ^a	-0.02 ^a	-0.06 ^a	0.06 ^a	0.01 ^a
玉米-向日葵轮作	0.03 ^a	0.07 ^a	0.10 ^a	-0.04 ^a	0.06 ^a	0.02 ^a
	方差分析 ($P>F$)					

0.1 0.85 0.18 0.67 0.99 0.73

注: 表中不同小写字母表示在相同层的种植方式下不同时间点的土壤 pH 差值具有显著差异 ($\alpha=0.05$)。

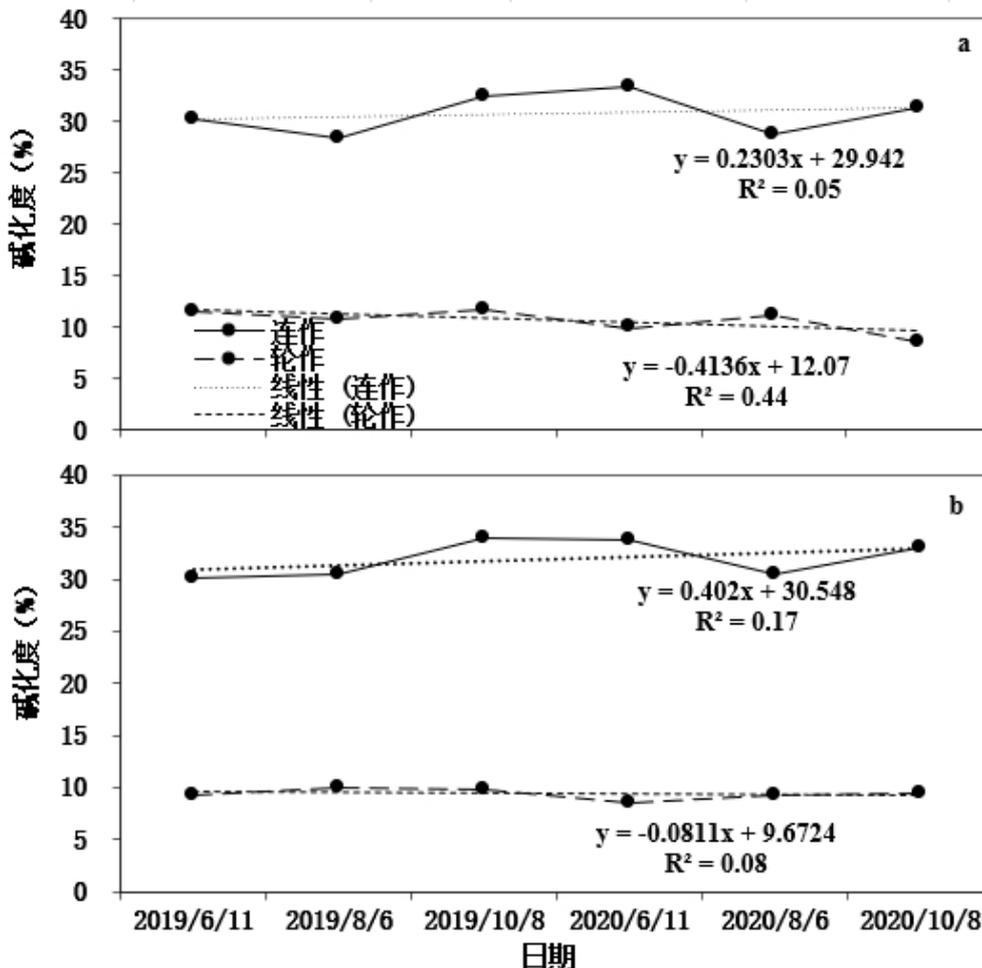


图 2 河套灌区双河镇 0~20 cm (a) 与 20~40 cm (b) 深度下不同种植方式碱化度随时间的变化 (2019—2020)

表 2 河套灌区不同种植方式下 0~20 cm 和 20~40 cm 土层土壤碱化度随时间变化比较

处理	碱化度					
	2019		2020			
	8/6-6/11	10/7-8/6	10/7-6/11	8/7-6/8	10/8-8/7	10/8-6/8
	%					
	<u>0~20 cm</u>					
差值						
向日葵连作	1.79 ^a	-4.02 ^a	-2.24 ^a	3.09 ^a	-2.68 ^b	1.99 ^a
玉米-向日葵轮作	0.68 ^a	-0.97 ^a	-0.28 ^a	-1.28 ^b	2.61 ^a	1.32 ^a
	方差分析 ($P>F$)					
	0.52	0.45	0.48	0.01	0.03	0.71
	<u>20~40 cm</u>					
差值						
向日葵连作	-0.33 ^a	-3.57 ^a	-3.90 ^a	3.36 ^a	-2.63 ^b	0.74 ^a
玉米-向日葵轮作	-0.65 ^a	-2.39 ^a	-5.21 ^a	-0.72 ^b	-0.23 ^a	-0.95 ^a
	方差分析 ($P>F$)					

注: 表中不同小写字母表示在相同层的种植方式下不同时间点的土壤碱化度差值具有显著差异($\alpha=0.05$)。

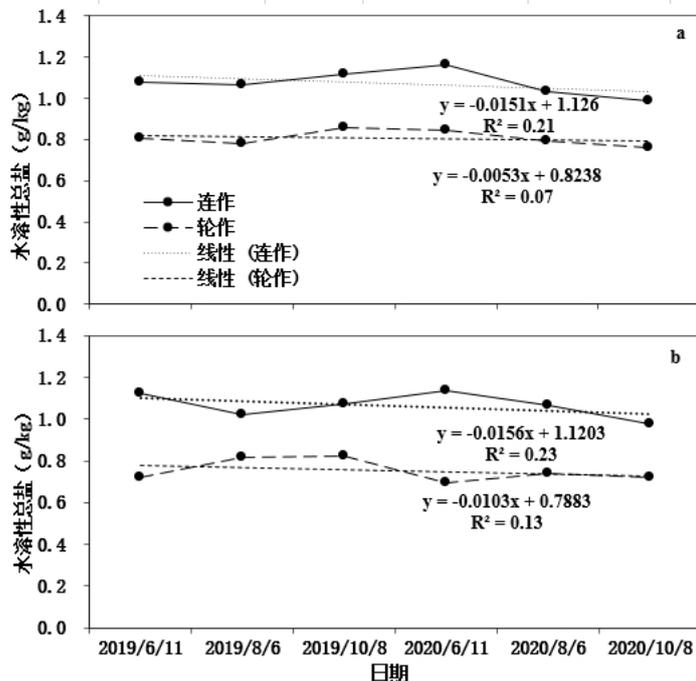


图 3 河套灌区双河镇试验点 0~20 cm (a) 与 20~40 cm (b) 深度下不同种植方式的水溶性总盐随时间变化趋势(2019—2020)

表 3 河套灌区不同种植方式下 0~20 cm 和 20~40 cm 土层水溶性总盐随时间变化比较

处理	水溶性总盐					
	8/6-6/11	10/7-8/6	10/7-6/11	8/7-6/8	10/8-8/7	10/8-6/8
	g/kg					
	<u>0~20 cm</u>					
差值						
向日葵连作	-0.03 ^a	-0.05 ^a	-0.07 ^a	0.13 ^a	0.04 ^a	0.18 ^a
玉米-向日葵轮作	0.03 ^a	-0.08 ^a	-0.05 ^a	0.15 ^a	-0.24 ^a	0.32 ^a
	方差分析 ($P>F$)					
	0.7	0.72	0.91	0.95	0.11	0.46
	<u>20~40 cm</u>					
差值						
向日葵连作	0.39 ^a	-0.10 ^a	0.05 ^a	0.07 ^a	0.09 ^a	0.16 ^a
玉米-向日葵轮作	-0.10 ^a	-0.01 ^a	-0.10 ^a	-0.05 ^a	0.02 ^a	-0.02 ^a
	方差分析 ($P>F$)					
	0.07	0.39	0.09	0.21	0.49	0.15

注: 表中不同小写字母表示在相同层的种植方式下不同时间点的土壤水溶性总盐含量差值具有显著差异($\alpha=0.05$)。

3 讨论

3.1 土壤盐碱特性随时间变化趋势分析

河套灌区不同种植方式下土壤 pH 值随时间变化趋势并不相同, 在玉米-向日葵轮作种植方式下河

套灌区土壤盐碱特性随时间整体呈下降趋势, 在向日葵连作种植方式下河套灌区土壤盐分整体呈下降趋势, pH 值与碱化度呈现上升趋势。向日葵连作的种植方式下土壤 pH 值和碱化度上升, 是由于向日

葵连作使土壤微生物向真菌化发展, 向日葵常年连作还会传播向日葵寄生性杂草如列当, 吸收土壤中肥力, 使土壤中肥力下降^[25]。养分下降土壤中微生物数量降低从而影响土壤中的离子有效性转化, 使土壤中水溶性盐基离子增加, 土壤碱化度也随之升高。玉米耐盐性低于向日葵^[26], 向日葵在盐分胁迫下可吸收利用土壤中的部分盐分积累于向日葵的茎秆中^[27], 两年的向日葵种植导致土壤盐分呈现下降的趋势。在玉米-向日葵轮作种植方式下可以有效的保存土壤养分平衡养分活性^[28], 对降低土壤盐碱度有促进作用。

河套地区有含盐量较高的土壤母质, 地下水矿质化严重且河套灌区干旱蒸发量大, 盐分随地下水分的蒸发升高^[2,3]。因此随着温度的增加 8 月~10 月间不同种植方式下土壤盐分均有不同程度的上升, 随着时间的变化 20~40 cm 的盐分向上蒸发因此 20~40 cm 的盐碱变化相比于 0~20 cm 变化幅度较大, 与前人研究结果相同^[29,30], 随着时间的变化盐分向上蒸发导致 0~20 cm 的水溶性总盐含量大于 20~40 cm 土层与前人研究相同^[31]呈现表聚型。

3.2 不同时间点的土壤盐碱特性参数差值间的比较分析

在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层间向日葵连作 2020 年 6 月和 2020 年 8 月间碱化度差值显著高于玉米-向日葵轮作 ($P>0.05$) (表 2)。表明向日葵连作地在 6 月与 8 月间的土壤碱化度差值变化较大, 是由于向日葵连作地的土壤盐分较高, 在盐分胁迫下向日葵的茎、叶对 Na 和 Fe 元素的吸收增强^[32], 影响土壤中交换性 Na 量变化较大因此碱化度显著降低 (图 2)。

在 0~20 cm 和 20~40 cm 土层间玉米-向日葵轮作 2020 年 8 月和 2020 年 10 月间碱化度差值显著高于向日葵连作 ($P>0.05$) (表 2)。表明玉米-向日葵轮作地 8 月与 10 月间土壤碱化度变化差值大, 是由于在 8 月~10 月受到多次大水漫灌耕地盐分与碱化度从 0~20 cm 土层下渗在 20~40 cm 碱化度含量上升 (图 2) 盐分在 20~40 cm 处向日葵吸收部分盐分 (图 3)。

4 结论

本试验研究表明, 河套灌区在向日葵连作种植方式下, 土壤 pH 值、碱化度均随时间变化呈上升

趋势, 水溶性总盐含量随时间变化呈下降趋势, 在玉米-向日葵轮作种植模式下, 土壤 pH 值、碱化度和水溶性总盐均随时间变化呈下降趋势; 河套灌区玉米-向日葵轮作方式下土壤盐碱特性随时间变化相比于向日葵连作有较为稳定的下降趋势。

参考文献

- [1] 赖黎明, 美丽, 杨旸. 内蒙古河套灌区农业土壤特征与发展分析 [J]. 江苏农业科学, 2022, 50(2): 213-8.
- [2] 杨劲松, 姚荣江, 王相平, 等. 河套平原盐碱地生态治理和生态产业发展模式 [J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7059-63.
- [3] 桑以琳. 内蒙古河套灌区碱化土壤的发生原因和特性 [J]. 土壤学报, 1996, (4): 398-404.
- [4] 魏俊梅, 阿腾格, 翟志忠. 巴盟河套灌区盐碱地的综合治理 [J]. 内蒙古林业科技, 2001, (1): 32-5.
- [5] 李仙岳, 崔佳琪, 史海滨, 等. 基于指示 Kriging 的土壤盐渍化风险与地下水环境分析 [J]. 农业机械学报, 2021, 52(8): 297-306.
- [6] 杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望 [J]. 土壤学报, 2008, (5): 837-45.
- [7] YU R, LIU T, XU Y, 等. Analysis of salinization dynamics by remote sensing in Hetao Irrigation District of North China [J]. Agricultural Water Management, 2010, 97(12): 1952-60.
- [8] 郭姝姝, 阮本清, 管孝艳, 等. 内蒙古河套灌区近 30 年盐碱化时空演变及驱动因素分析 [J]. 中国农村水利水电, 2016, (9): 159-62+67.
- [9] 闫洪, 仲生柱, 温晓亮, 等. 不同改良剂对盐碱地向日葵农艺性状及产量的影响 [J]. 北方农业学报, 2021, 49(3): 36-40.
- [10] 郭耀东, 程曼, 赵秀峰, 等. 轮作绿肥对盐碱地土壤性质、后作青贮玉米产量及品质的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(6): 856-64.
- [11] 窦旭, 史海滨, 李瑞平, 等. 暗管排水控盐对盐渍化灌区土壤盐分淋洗有效性评价 [J]. 灌溉排水学报, 2020, 39(8): 102-10.
- [12] 袁念念, 黄介生, 谢华, 等. 棉田暗管控制排水和氮素流失

- 研究 [J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(1): 103-5+29.
- [13] 韩立朴, 马凤娇, 于淑会, 等. 基于暗管埋设的农田生态工程对运东滨海盐碱地的改良原理与实践 [J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(12): 1680-6.
- [14] 陈名媛, 黄介生, 曾文治, 等. 外包土工布暗管排盐条件下水盐运移规律 [J]. 农业工程学报, 2020, 36(2): 130-9
- [15] 李瑞平, 史海滨, 赤江刚夫, 等. 冻融期气温与土壤水盐运移特征研究 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 5
- [16] 康双阳. 巴盟解放闸灌域地下水动态分析 [J]. 内蒙古水利科技, 1982, (01): 78-97
- [17] WHEATA 气 公 小-农, 小麦芽大数据信息(宁波)有限公司(浙公网安备 33020902000314 号 | 浙 ICP 备 2020037473 号-1). [HTTP://WWW.WHEATA.CN/](http://www.wheata.cn/) (2021 年 12 月 2 日接入). 2021
- [18] 李健, 范学臻. 农产品产地环境采样中土壤样品采集点的布设 [J]. 现代农业科技, 2020, (1): 175+80
- [19] 中华人民共和国农业部. 土壤 pH 的测定: NY/T1377-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [20] 中国林业科学研究院林业研究所森林土壤研究室. 森林土壤阳离子交换量的测定 [Z]. 行业标准-林业. 1999: 5P.; A4
- [21] 孙鸿烈, 刘光崧. 土壤理化分析剖面描述 [J]. 北京: 中国标准出版社, 1999, 25.
- [22] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [J]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999, 22.
- [23] 土壤碱化度的计算 [Z]. 林业行业标准. 1999: 2p:A4
- [24] 土壤检测 第 16 部分 土壤水溶性盐总量的测定: [S]. 2006
- [25] 王德身. 要避免向日葵重茬连作 [J]. 新农业, 1987, (2): 17
- [26] GEILFUS C M, Z?RB C, MüHLING K. Salt stress differentially affects growth-mediating β -expansins in resistant and sensitive maize (*Zea mays* L.) [J]. *Plant Physiology & Biochemistry*, 2010, 48(12): 993-8.
- [27] MARCUM K B. Salinity Tolerance Mechanisms of Grasses in the Subfamily Chloridoideae [J]. *Crop Science*, 1999, 39(4): 1153-60.
- [28] 景宇鹏, 赵沛义, 赵举, 等. 田菁-向日葵轮作的应用和提升盐碱土土壤质量的方法, CN114190249A [P/OL].
- [29] 李小霞, 靳鲲鹏, 曹晋军, 等. 轮作制度对土壤生态的影响研究进展 [J]. 现代农业科技, 2019, (6): 154-5+9.
- [30] 周利颖, 李瑞平, 苗庆丰, 等. 内蒙古河套灌区紧邻排干沟土壤盐渍化与肥力特征分析 [J]. 干旱区研究, 2021, 38(1): 114-22.
- [31] 闫建文, 史海滨, 李仙岳, 等. 河套灌区盐渍化土壤玉米水氮耦合效应 [J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38(4): 103-10
- [32] 童文杰, 陈阜, 文新亚. ICP-A ES 分析河套灌区盐碱地向向日葵矿质元素吸收与积累 [J]. 光谱学与光谱分析, 2014, (1): 231-4.

收稿日期: 2022 年 8 月 13 日

出刊日期: 2022 年 9 月 6 日

引用本文: 靳昇, 赖黎明, 张超, 白乐平, 李凯娟, 魏建婷, 河套灌区不同种植方式对土壤盐碱特性的影响[J], 农业与食品科学, 2022, 2(3): 98-104.
DOI: 10.12208/j.jafs.20220045

检索信息: RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS