

doi: 10.11838/sfsc.20180303

小麦不同滴灌年限小尺度土壤剖面盐分空间分布特征

李亚莉, 乔江飞, 窦晓静, 李 源, 赖 宁, 耿庆龙*, 陈署晃*

(新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘 要: 以 1、5 年的滴灌不覆膜密植作物冬小麦农田土壤为研究对象, 通过采集小尺度土壤剖面 (0~10、10~20、20~30、30~40、40~60 cm) 样品, 结合连续性定位监测、描述性统计和地统计分析, 探索新疆奇台县不同滴灌年限小尺度土壤盐分积累时空变异规律。研究结果表明, 各土层土壤盐分符合对数正态分布。滴灌 1 年土壤盐分含量平均值随土层深度的增加呈底聚特征, 滴灌 5 年呈抛物线特征。滴灌 1 年变异系数大部分为弱变异, 滴灌 5 年部分为中等程度变异。半方差函数表明, 滴灌 1 年土壤盐分含量符合球状模型和高斯模型, $R^2 \geq 0.76$; 滴灌 5 年土壤盐分含量符合高斯模型、球状模型和指数模型, $R^2 \geq 0.75$ 。土壤盐分块金系数 $C_0/(C_0 + C)$ 为中等和强烈的空间自相关性, 表明土壤盐分受结构性因素和随机性因素共同作用。研究结果可为科学管理和合理利用改良盐渍化土壤提供理论依据和数据参考。

关键词: 滴灌; 冬小麦; 不同滴灌年限; 土壤剖面; 土壤盐分

中图分类号: S131+.3

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2018) 03-0014-06

土壤盐渍化是土壤退化的主要表现之一^[1]。滴灌是农田灌溉最节水的灌溉技术之一, 也是防治土壤盐渍化的主要措施之一^[2-4]。近年来, 不少国外研究人员针对滴灌土壤盐分空间分布进行了大量的研究。Hanson 等^[5]对滴灌条件下的土壤盐分进行了研究, 得出在滴灌滴头剖面处土壤盐分存在一定下渗淋洗。Omary 等^[6]以杏树根系吸水条件下的滴灌土壤为研究对象, 研究得出当滴头流量为蒸腾量的一半时, 盐分会较多的聚集在毛管的滴头处, 相反, 盐分则会在远离毛管滴头处聚集。Mmolawa^[7]研究了作物主根系区土壤盐分在滴灌条件下的运移, 结果表明, 土壤盐分以对流的方式随水分运移, 主要聚集在土壤湿润峰附近, 且土壤含水率和电导率成反比。在国内, 殷波等^[8]对不同滴灌年限不同质地的棉田土壤盐分进行研究, 得出土壤盐分

呈现抛物线特征, 盐分累积最大值在 40~60 cm 土层。刘洪亮等^[9]以长期连作棉田土壤盐分为研究对象, 得出在水平方向上土壤盐分存在脱盐区和积盐区, 在垂直方向上 40~60 cm 土层形成积盐区。Jin 等^[10]以石河子垦区的农田为采样对象, 研究整个棉花生育期不同灌溉方式对土壤盐分含量变化的影响, 得出滴灌产生土壤最大盐分在 20~40 cm 土层, 沟灌产生土壤最大盐分在 40~60 或 60~100 cm 土层。宁松瑞等^[11]、朱海清等^[12]以滴灌棉田为研究对象, 发现滴灌技术可以在短期内将土壤盐分淋洗到 30~40 cm 土层, 长期则会引起土壤的次生盐渍化^[13-16]。部分研究得出, 随着滴灌年限的增加, 土壤盐分含量会呈现下降趋势^[15]。目前, 对于滴灌农田土壤盐分含量的研究主要集中在覆膜作物棉花上, 而对 2008 年才逐渐开始大田应用的滴灌密植不覆膜作物小麦的土壤盐分分布变化的研究却少见报道。因此本研究以此为切入点, 选择冬小麦滴灌小尺度农田土壤, 结合 1、5 年的时间尺度, 更全面地剖析土壤盐分在剖面 0~60 cm 土层中积累时空变异规律, 为改良土壤盐渍化提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于新疆奇台县西地镇 (89°13'~91°22'E, 42°25'~45°29'N), 属于中温带大陆性半

收稿日期: 2017-07-14; 最后修订日期: 2018-01-05

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41461047); 世界银行贷款项目 (XJ00Z13002); 自治区水利专项项目 (2015T25); 中国-挪威国际合作项目“减少环境影响和保障可持续食品安全和粮食安全的创新技术合作研究”。

作者简介: 李亚莉 (1992-), 女, 新疆塔城市人, 研究实习员, 硕士, 研究方向为资源环境与农业信息技术应用, E-mail: 583324832@qq.com。

通讯作者: 陈署晃, E-mail: chensh66@163.com; 耿庆龙, E-mail: qlgeng2006@163.com。

荒漠干旱性气候。日照长，降水少，空气干燥。年平均气温 5.2℃，极端最高气温 41℃，极端最低气温 -40℃。年日照时数 3 000 h。风向盛行南风，无霜期年平均 153 d（从 4 月下旬到 10 月上旬）。年降水量 190 mm 左右，而年蒸发量则高达 2 100 mm 以上。土壤类型包括棕钙土、灰漠土、草甸土、沼泽土、风沙土，都存在程度不同的盐碱化问题。全农区（不包括农垦围场）有盐碱化的土地面积达 73 933.4 hm²，占农区总面积的 31%。农区土壤盐分类型较复杂，主要成分有：硫酸钠、硫酸钙、氯化钠、氯化镁、重碳酸钠等。主要种植的农作物有甜菜、小麦、番茄和油菜等。

1.2 小尺度土壤采样方法

在新疆奇台县冬小麦滴灌种植区（滴灌前均采用大水漫灌，土壤盐分类型为硫酸盐-氯化物盐渍土，pH 值 >7.52）。选择土地邻近、土壤利用类型一致的 1 年（2014 年）、5 年（2010 年）不同耕作年限滴灌农田。于 2015 年 7 月冬小麦收获后分别对 1、5 年不同滴灌年限的两块农田进行小尺度取样分析，基于时间及位置分辨率大小，采用时空互代的方法进行土壤盐分空间变异分析。

依据冬小麦滴灌带布设的 1 管 4 行种植方式，以支管为界限，设置 40 m × 40 m 的采样区域，各采样点东西和南北间距均为 10 m，样点均处于滴灌带毛管旁，每个点土样按 5 层（0 ~ 10、10 ~ 20、20 ~ 30、30 ~ 40 和 40 ~ 60 cm）取样。每种滴灌年限农田样点数为 25 个，3 次重复，共计小尺度取样 375 个土壤样品。

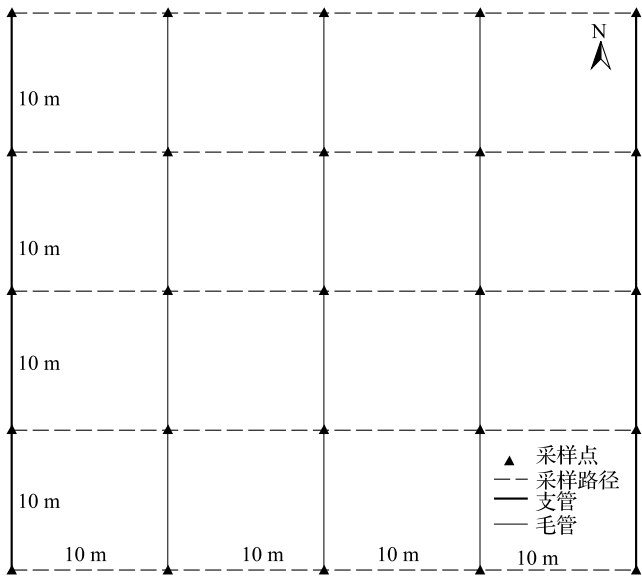


图 1 采样点分布示意图

1.3 数据处理

试验数据使用 Excel 2010 进行土壤盐分含量描述性统计，GS + 7.0 对土壤盐分进行空间结构特征分析，Arcgis 10.2 对数据进行 Kriging 插值得到土壤盐分含量分布图。

2 结果与分析

2.1 不同滴灌年限土壤盐分含量统计特征

利用 Excel 2010 对不同滴灌年限土壤盐分含量进行描述性统计，见表 1。通过土壤盐分含量统计结果分析可知，滴灌 1 和 5 年各土层土壤盐分均符合对数正态分布。滴灌 1、5 年在不同土层深度土

表 1 不同滴灌年限土壤盐分含量统计特征值

滴灌年限	土层 (cm)	分布	最大值 (g/kg)	最小值 (g/kg)	中值 (g/kg)	平均值 (g/kg)	标准差 (g/kg)	变异系数 (%)
1 年	0 ~ 10	对数正态	11.97	6.11	10.54	10.18	1.44	14.15
	10 ~ 20	对数正态	13.25	9.93	10.93	11.20	0.78	6.96
	20 ~ 30	对数正态	12.78	10.37	11.59	11.63	0.66	5.68
	30 ~ 40	对数正态	15.09	10.85	11.98	12.13	0.86	7.09
	40 ~ 60	对数正态	13.89	10.99	12.25	12.42	0.71	5.72
5 年	0 ~ 10	对数正态	12.07	3.10	10.36	9.72	1.99	20.47
	10 ~ 20	对数正态	19.84	8.53	10.71	10.90	2.17	19.92
	20 ~ 30	对数正态	12.29	9.14	10.93	10.91	0.76	6.96
	30 ~ 40	对数正态	13.72	10.03	11.62	11.76	0.82	6.97
	40 ~ 60	对数正态	14.34	2.47	10.88	9.71	3.14	32.33

壤盐分含量的变异程度不同,滴灌 1 年表层 (0 ~ 10 cm) 变异性最大,滴灌 5 年底层 (40 ~ 60 cm) 变异性最大,各土层变异系数均不相同。滴灌 1 年 0 ~ 10 cm 土层表现为中等程度变异 (14.15%), 10 ~ 60 cm 土层为弱变异 (6.96%、5.68%、7.09%、5.72%), 表层土壤变异大于底层。滴灌 5 年 0 ~ 10、10 ~ 20 和 40 ~ 60 cm 土层变异系数分别为 20.47%、19.92% 和 32.33%, 为中等程度变异, 其余则为弱变异程度。总体上,滴灌 5 年各土层土壤盐分含量的平均值低于滴灌 1 年各土层的土壤盐分含量,滴灌 1 年的土壤盐分随着土层深度的增加平均值逐渐增大,滴灌 5 年的土壤盐分随着土层深度的增加平均值表现为低 - 高 - 低的趋势。

2.2 土壤盐分含量空间结构特征

使用 GS + 7.0 地统计学分析软件进行土壤盐分含量的空间结构特征分析,结果见表 2。表中 C_0 为块金方差, $C_0 + C$ 为基台值, $C_0 / (C_0 + C)$

为块金值,表示随机因素所引起的异质性占总空间异质性的程度,它反映了土壤属性的空间依赖性^[11]。由表 2 可知,滴灌 1 年土壤盐分含量, 0 ~ 10、10 ~ 20 和 20 ~ 30 cm 土层用球状模型拟合, 30 ~ 40、40 ~ 60 cm 用高斯模型拟合, 且 $R^2 \geq 0.76$ 。滴灌 5 年土壤盐分含量分别用高斯模型、球状模型和指数模型进行拟合, $R^2 \geq 0.75$ 。从空间自相关性来看,不同滴灌年限不同土壤深度土壤盐分含量的 $C_0 / (C_0 + C)$ 在 22% ~ 51% 之间,表明土壤盐分含量均为中等强度空间自相关性和强烈的空间自相关性。总的来说,滴灌 5 年的耕层 (0 ~ 20 cm) 土壤盐分含量的 $C_0 / (C_0 + C)$ 值高于滴灌 1 年块金值,中层 (20 ~ 40 cm) 则为滴灌 1 年土壤盐分含量的 $C_0 / (C_0 + C)$ 值均高于滴灌 5 年的块金值,底层 (40 ~ 60 cm) 为滴灌 5 年的 $C_0 / (C_0 + C)$ 高于滴灌 1 年的块金值。

表 2 不同滴灌年限土壤盐分含量半方差函数模型

滴灌年限	土层 (cm)	理论模型	C_0	$C_0 + C$	$C_0 / (C_0 + C)$	SSR	R^2
1 年	0 ~ 10	球状模型	0.24	0.65	0.36	0.14	0.78
	10 ~ 20	球状模型	0.17	0.49	0.35	0.45	0.82
	20 ~ 30	球状模型	0.32	0.67	0.48	0.27	0.76
	30 ~ 40	高斯模型	0.37	0.76	0.49	0.24	0.84
	40 ~ 60	高斯模型	0.11	0.46	0.24	0.18	0.81
5 年	0 ~ 10	高斯模型	0.35	0.68	0.51	0.23	0.81
	10 ~ 20	球状模型	0.27	0.59	0.46	0.34	0.83
	20 ~ 30	球状模型	0.12	0.54	0.22	0.37	0.75
	30 ~ 40	指数模型	0.17	0.38	0.45	0.26	0.78
	40 ~ 60	指数模型	0.23	0.76	0.30	0.24	0.84

注: SSR 为土壤盐分含量回归平方和。

2.3 土壤盐分含量的空间分布特征

为进一步准确而直观表现研究区土壤盐分空间分布特征,利用拟合的半方差函数模型进行普通 Kriging 插值得到土壤盐分含量分布图。滴灌 1 年土壤盐分含量总体呈现片状和破碎状分布,土壤盐分含量最高在 40 ~ 60 cm 土层; 0 ~ 10 cm 土层盐分含量由北部向南部递减 (图 2a), 10 ~ 20、30 ~ 40、40 ~ 60 cm 由西南部向东北部递减 (图 2b、d、e), 20 ~ 30 cm 盐分含量最高值在南部 (图 2c); 10 ~

60 cm 整体表现为从南部向北部逐渐递减的趋势,而表层 (0 ~ 10 cm) 则表现出北部向南部递减的趋势。滴灌 5 年土壤盐分含量表现为破碎状、点状和斑状分布,土壤盐分含量最高分布在 30 ~ 40 cm; 0 ~ 10 cm 土层盐分含量东南部向西北部递减 (图 3a), 10 ~ 20 cm 土层盐分东部向西部递减 (图 3b), 20 ~ 30 cm 盐分含量东部向西部递减 (图 3c), 高值区为南部和东部; 30 ~ 40 cm 土层盐分含量由南部向北部递减 (图 3d), 40 ~ 60 cm 东南部向西北部递减 (图 3e)。

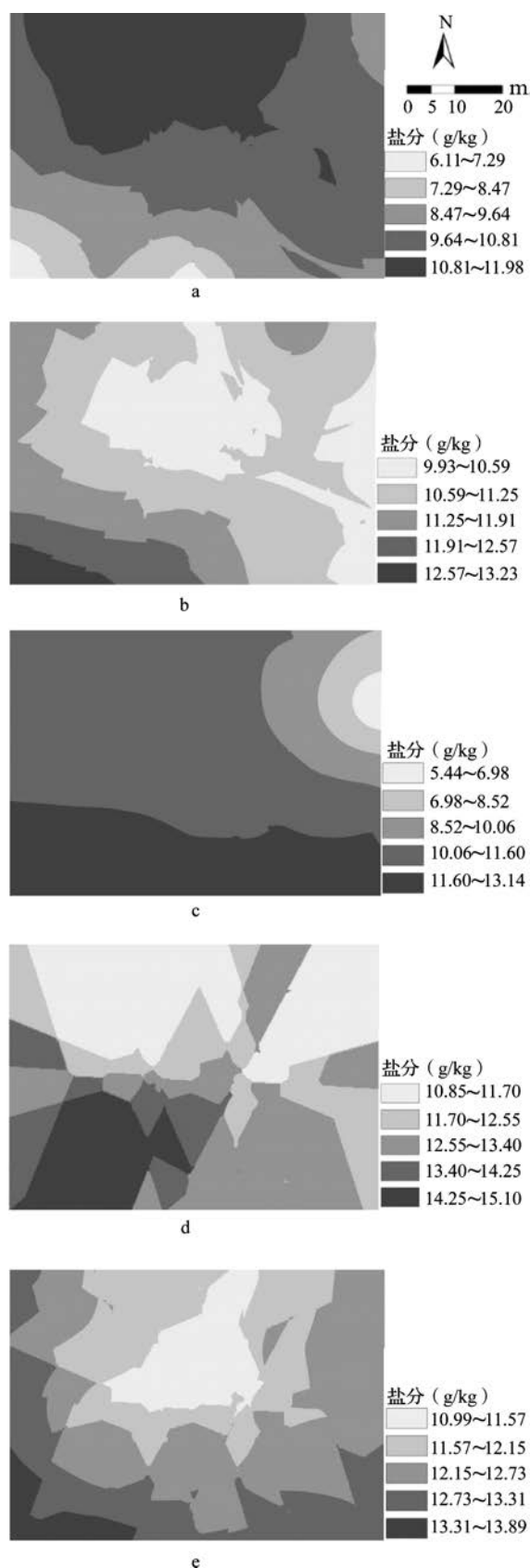


图2 滴灌1年各土层盐分空间分布

注: 图中a、b、c、d、e 分别代表0~10、10~20、20~30、30~40、40~60 cm。

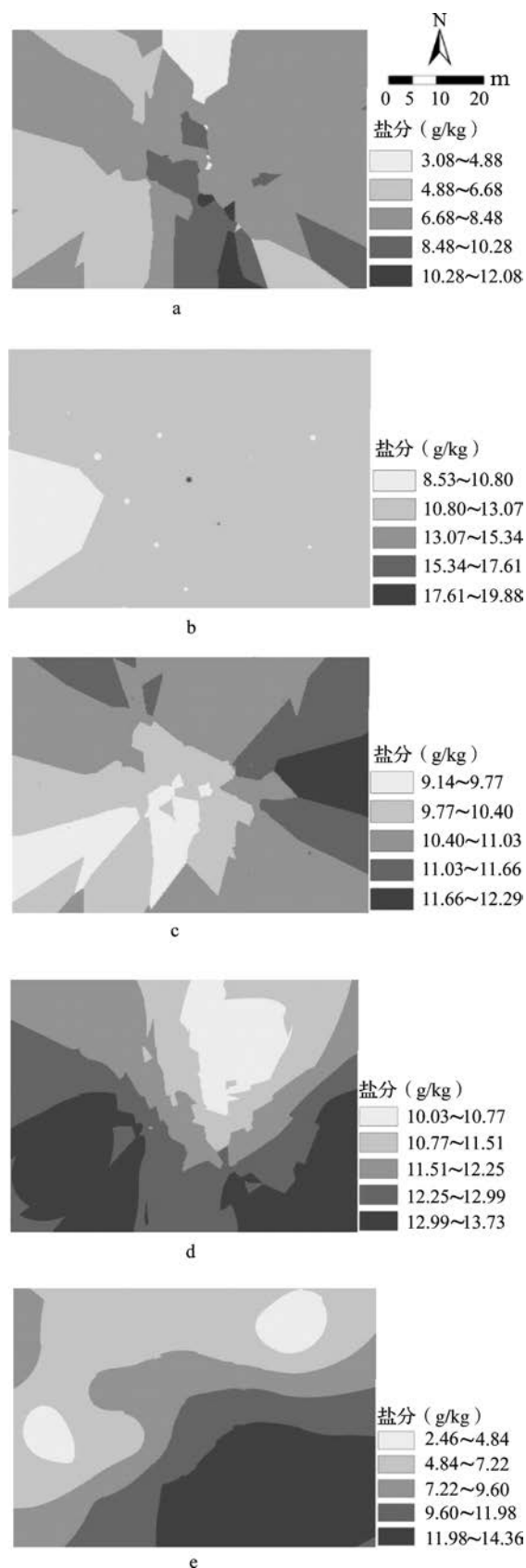


图3 滴灌5年各土层盐分空间分布

注: 图中a、b、c、d、e 分别代表0~10、10~20、20~30、30~40、40~60 cm。

3 讨论

本文以不同滴灌年限土壤(种植冬小麦)为研究对象,小尺度分别采集0~10、10~20、20~30、30~40和40~60 cm土层深度的土壤样品,测定土壤盐分含量,分析不同滴灌年限土壤盐分含量空间分布。描述性统计表明,滴灌1年和滴灌5年各土层土壤盐分均符合对数正态分布。滴灌5年各土层土壤盐分含量的平均值低于滴灌1年各土层的土壤盐分含量,滴灌1年的土壤盐分随着土层深度的增加平均值逐渐增大,呈底聚型分布,最大值在40~60 cm土层(12.42 g/kg);滴灌5年则呈抛物线分布,最大值在30~40 cm土层(11.76 g/kg)。刘洪亮等^[9],宁松瑞等^[11]研究得出,水平方向棉田土壤盐分分为脱盐区和积盐区,膜内土壤盐分随水分不断淋洗迁移至深层,近地表浅层土壤呈现脱盐的趋势;膜外,则由于蒸发强烈,呈现持续积盐趋势。本文研究的冬小麦属于不覆膜密植作物,故表层土壤盐分含量变化主要与人为耕作、气候条件、滴灌年限、灌水定额有关。在垂直方向上,张伟等^[2]得出棉田土壤盐分含量主要积累在40~60 cm土层,而牟洪臣等^[17]研究发现在60~100 cm土层盐分积累最严重;本文研究得出滴灌1年土壤盐分含量最大值在40~60 cm土层,滴灌5年则在30~40 cm土层,这是因为滴灌1年主要受前期大水漫灌的影响,滴灌5年则与滴灌年限和滴灌多点源水分入渗特征有关,滴灌5年灌水定额低于滴灌1年前期的漫灌水定额,不覆膜的栽培模式由于强烈蒸发导致盐分有上移趋势。与张伟等^[2]、牟洪臣等^[17]的盐分聚集深度的研究差异可能与棉花覆膜栽培方式及灌溉定额等有关。本文研究得出在滴灌1年土壤盐分呈现底聚特征,而滴灌5年盐分聚集在30~40 cm土层,与王振华等^[18]研究盐分在棉花膜下滴灌应用5年内盐分从上层向下层呈现脱盐积盐再脱盐的变化过程较一致。滴灌1年0~10 cm土层表现为中等程度变异,10~60 cm土层为弱变异,表层土壤变异大于底层,这是因为在表层土壤人类活动比较剧烈,影响较大,因而其变异系数也最大^[7]。滴灌5年0~10、10~20和40~60 cm土层变异系数分别为20.47%、19.92%和32.33%,为中等程度变异,其余则为弱变异程度。

半方差分析表明,不同滴灌年限各土层土壤盐分含量大部分为中等强度空间自相关性。说明土壤

盐分含量的空间分布主要是由气候、成土母质、地形、人类耕作、施肥等共同因素的影响。总的来说,滴灌5年的耕层(0~20 cm)土壤盐分含量的 $C_0/(C_0 + C)$ 值高于滴灌1年块金值,中层(20~40 cm)则为滴灌1年土壤盐分含量的 $C_0/(C_0 + C)$ 值均高于滴灌5年的块金值,底层(40~60 cm)为滴灌5年的 $C_0/(C_0 + C)$ 高于滴灌1年的块金值,这是由于该地区随机因素和地理因素共同作用的结果。

分析土壤盐分空间分布特征,滴灌1年的各土层盐分含量均高于滴灌5年,这与描述性统计一致。滴灌5年的土壤盐分含量在30~40 cm土层含量最高,而滴灌1年土壤盐分含量在底层含量最高。可能是由于滴灌年限的增加,滴灌5年土壤盐分含量随着滴灌水流的淋洗作用和强烈的蒸发作用使表层和深层土壤中的盐分含量借助毛细管作用累积在30~40 cm土层,而滴灌1年的土壤盐分的空间分布更主要受大水漫灌的影响下移至深层土壤。滴灌1年和滴灌5年的研究区0~10、10~20和20~30 cm土层盐分含量分布主要与农业耕作和气候条件有关,30~40、40~60 cm则与地理因素有关。滴灌1年各土层土壤盐分含量,10~60 cm土层表现为从南部向北部逐渐递减的趋势,表层(0~10 cm)则表现出北部向南部递减的趋势。这可能是由于在持续强烈的蒸发作用下,深层土壤中的盐分含量借助毛细管作用上升积聚于土壤表层,使得土壤表层的盐分空间变异高于其它部位。滴灌5年土壤盐分含量表现为破碎状、点状和斑状分布,各土层无明显变化规律。造成滴灌5年各土层盐分含量空间分布的原因是耕层(0~20 cm)土壤盐分空间分布主要是由于滴灌定额和作物根系的吸收作用导致0~20 cm的土壤盐分含量并没有表现出明显规律,而20~30 cm的土层盐分含量分布主要受土壤质地、水分淋洗下移和气候条件影响,与耕层土壤表现出相似的分布状态。底层(30~40、40~60 cm)盐分空间分布主要受地理因素和早年大水漫灌的影响。

王振华等^[18]研究剖面盐分随棉花覆膜滴灌应用年限的增加逐渐由上大下小变为上下均一的垂线状。因此,为了充分说明不同滴灌年限不覆膜密植作物小麦土壤剖面的盐分空间变异差异,还应延长种植年限,以全面剖析其土壤盐分空间变异的特征。

4 结论

4.1 滴灌 1、5 年各土层盐分含量均符合对数正态分布。滴灌 1 年变异系数大部分为弱变异, 变异系数 5.68% ~ 14.15% 之间; 滴灌 5 年部分为中等程度变异, 变异系数 19.92% ~ 32.33% 之间。半方差分析土壤盐分含量 $C_0/(C_0 + C)$ 在 22% ~ 51% 之间, 它们的空间变异是由结构性因素和随机性因素共同作用的结果。

4.2 土壤盐分含量空间分布表明, 滴灌 1 年土壤盐分含量平均值随土层深度的增加呈底聚特征, 滴灌 5 年呈抛物线特征。奇台县滴灌 1 年土壤盐分垂直分布特征可能主要受大水漫灌的影响, 5 年土壤盐分垂直分布特征可能主要与滴灌有关。

参考文献:

- [1] 王全九, 王文焰, 吕殿青. 膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究 [J]. 农业工程学报, 2000, 16 (7): 54 ~ 57.
- [2] 张伟, 吕新, 李鲁华. 新疆棉田膜下滴灌盐分运移规律 [J]. 农业工程学报, 2008, 24 (8): 15 ~ 19.
- [3] 叶含春. 棉花滴灌田间盐分变化规律的初步研究 [J]. 节水灌溉, 2003, (4): 4 ~ 8.
- [4] Richards L A. Capillary conduction of liquid sin porous mudiums [J]. Physics, 1931, (1): 30 ~ 33.
- [5] Hanson B, Hopmans J W, Simunek J. Leaching with subsurface drip irrigation on under saline, shallow irrigation under saline, shallow groundwater conditions [J]. Journal of Vadose Zone, 2008, 7 (2): 810 ~ 818.
- [6] Omary M J, Ligon T. Three - dimensional movement of water and pesticide from trickle irrigation: finite element model [J]. Trans of ASAE, 1992, 35 (3): 811 ~ 821.
- [7] Mmolawa K D. Root zone solute dynamics under drip irrigation: a review [J]. Plant and Soil, 2000, 222: 163 ~ 190.
- [8] 殷波, 柳延涛. 膜下长期滴灌土壤盐分的空间分布特征与累积效应 [J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27 (6): 228 ~ 231.
- [9] 刘洪亮, 褚贵新, 赵凤梅, 等. 北疆棉区长期膜下滴灌棉田土壤盐分时空变化与次生盐渍化趋势分析 [J]. 中国土壤与肥料, 2010, (4): 12 ~ 17.
- [10] Jin J J, Ran S H, Liu T T. Impact of irrigation methods on soil salt content and their differences in whole cotton growing season in arid area of northwest China [J]. Journal of Resources and Ecology, 2016, 7 (6): 453 ~ 463.
- [11] 宁松瑞, 左强, 石建初. 新疆膜下滴灌棉田水盐运移特征研究进展 [J]. 灌溉排水学报, 2014, 33 (2): 120 ~ 125.
- [12] 朱海清, 虎胆·吐马尔白, 马合木江·艾合买提, 等. 干旱区长期膜下滴灌棉田土壤水盐空间分布特征研究 [J]. 节水灌溉, 2015, (8): 54 ~ 62.
- [13] 吕殿青, 王全九, 王文焰. 滴灌条件下土壤水盐运移特性的研究现状 [J]. 水科学进展, 2001, (12): 107 ~ 112.
- [14] 马俊海, 石荣媛. 膜下滴灌改造盐碱化荒地田间试验研究 [J]. 农业环境与发展, 2004, 4 (3): 35 ~ 36.
- [15] 王振华, 郑旭荣, 李朝阳. 不同滴灌年限土壤盐分分布及对棉花的影响初步研究 [J]. 中国农村水利水电, 2011, (6): 63 ~ 69.
- [16] James R, Carr Z, Bailey R E. An indicator Kriging model for investigation of seismic hazard [J]. Mathematical Geology, 1986, 18 (4): 409 ~ 428.
- [17] 牟洪臣, 虎胆·吐马尔白, 苏里坦. 干旱地区棉田膜下滴灌盐分运移规律 [J]. 农业工程学报, 2011, 27 (7): 18 ~ 22.
- [18] 王振华, 杨培岭, 郑旭荣, 等. 新疆现行灌溉制度下膜下滴灌棉田土壤盐分分布变化 [J]. 农业机械学报, 2014, 45 (8): 149 ~ 159.

Spatial distribution characteristics of soil salinity with different period of drip irrigation in wheat fields

LI Ya-li, QIAO Jiang-fei, DOU Xiao-jing, LI Yuan, LAI Ning, GENG Qing-long*, CHEN Shu-huang* (Institute of Soil and Fertilizer and Agricultural Water-saving, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi Xinjiang 830091)

Abstract: The temporal and spatial variation of the accumulative soil salinity for winter wheat farmland with different period of drip irrigation in Qitai county of Xinjiang province were studied. The periods of drip irrigation covered 1 year and 5 years respectively. And the soil were sampled along the soil profile with the different soil depth 0 ~ 10, 10 ~ 20, 20 ~ 30, 30 ~ 40, 40 ~ 60 cm. The research results showed that the soil salinity with different period of drip irrigation accorded with logarithm normal distribution. For the drip irrigation for one year, the accumulative soil salinity was low with the increasing of soil depth. For the drip irrigation for 5 years, the accumulative soil salinity along the soil profile fit with a parabola wave. The former was with weak variation, and was accorded with the spherical model and Gauss model, $R^2 \geq 0.76$. The latter was with medium variation, which was met with the spherical model and Gauss model, $R^2 \geq 0.75$. The $C_0/(C_0 + C)$ of soil salt content showed moderate and strong spatial autocorrelation, which showed that soil salt was affected by both structure factors and random factors. The results could provide theoretical basis and data reference for scientific management and rational utilization of soil salinization.

Key words: drip irrigation; winter wheat; drip period; soil profile; soil salinity