

杨磊,熊黑钢.不同地貌类型上的耕地土壤盐分因子与有机质含量特征分析及盐渍化风险评价[J].江苏农业科学,2019,47(10):256-261.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.057

不同地貌类型上的耕地土壤盐分因子与有机质含量特征分析及盐渍化风险评价

杨磊^{1,2},熊黑钢^{1,2,3}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院/绿洲生态教育部重点实验室,新疆乌鲁木齐 830046;

2. 新疆农业大学管理学院,新疆乌鲁木齐 830052;3. 北京联合大学应用文理学院,北京 100083)

摘要:新疆绿洲中的耕地分布在不同的地貌上,常受到不同因素的制约,使得耕地退化和耕地质量产生较大的差异。准确了解不同地貌类型上的耕地土壤信息状况可为有针对性地对耕地进行改良和管理提供重要依据。选取阿勒泰地区的山前盆地、山前平原、南部河谷 3 种地貌类型的耕地土壤为研究对象,共采集了 55 个土壤样本,并测定土壤盐分因子(pH 值、总盐含量)和土壤有机质含量。采用多元统计分析方法与指示克里格法对土壤盐分因子和有机质含量进行分析。结果表明:(1)盆地区、平原区和河谷区的土壤因子与有机质含量,由盆地-平原-河谷呈逐渐增大趋势。(2)从变异系数来看,3 种地貌类型的 pH 值变异系数均小于 10%,属弱变异性。平原区总盐含量的变异系数 > 100%,属于强变异性,河谷区与盆地区土壤总盐含量及有机质含量的变异系数介于 27%~100% 之间,为低强度的变异。(3)阿勒泰地区耕地土壤有机质处于稍缺水平,平原区的土壤有机质含量变化范围的倍率最大,最大值为 25.90 g/kg,约为最小值(5.11 g/kg)的 5 倍。其次为盆地区,河谷区的变化幅度最小。(4)河谷区总盐含量与有机质含量相关系数为 0.829,极显著相关($P < 0.01$),河谷区总盐含量与盆地区有机质含量的相关系数为 0.829,呈极显著相关($P < 0.01$)且均呈三次函数数学关系。盆地区总盐含量与有机质含量不相关,平原区总盐含量与有机质含量相关性一般且不显著,盐与有机质的关系可能受到地形、地貌的影响,导致盆地区与平原区盐含量与有机质含量不相关。(5)河谷区土壤总盐含量的基台效应 $C_0/(C_0 + C)$ 比值为 0.984,系统空间自相关性很弱。平原区土壤总盐含量与有机质含量的基台效应 $C_0/(C_0 + C)$ 比值均为 0.277,具有强烈的系统空间自相关性。(6)盐渍化风险评估结果表明,河谷区农田土壤存在较高的盐渍化风险,盆地区农田土壤则反之,平原区盐渍化风险为中度。说明阿勒泰地区耕地土壤有机质处于稍缺水平,土壤总盐含量处于较低水平,对作物生长不存在危害。但河谷区与平原区的盐渍化风险较高,应改进灌溉方式和种植制度,同时采用增施有机肥、进行秸秆还田等措施来促进棉花作物的稳产、高产,盆地区农田土壤最后应当采取相应的措施来预防盐渍化危害。

关键词:地貌类型;耕地;盐分因子;有机质含量;特征分析;风险评价

中图分类号: S153.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0256-05

土壤盐分与有机质含量是影响耕地自然质量的主要因素,耕地的质量、发育程度等均受不同地貌类型的影响。在干旱区,土壤盐分因子和有机质含量不仅反映了土壤的质地结构和养分状况,更关系到作物的生长。土壤 pH 值会影响土壤有效养分的数量和形态,影响植被根系吸收养分的能力。土壤有机质含量是土壤肥力的重要指标之一,它能反映土壤熟化程度与供肥能力,同时也能改善土壤的物理性质,影响土壤微生物环境^[1]。近年来,土壤盐渍化与次生盐渍化问题日益加剧,盐碱地与盐渍化耕地面积不断扩大,区域生态环境急剧恶化,严重影响了农作物的生长发育。阿勒泰地区耕地特

定的水文地质条件与长期不合理的大水漫灌制度,使土地盐碱化和次生盐渍化现象尤为严重。耕地盐渍化面积由原来的 1/3 增加至 1/2,使大面积耕地不得不弃耕成为盐碱荒地,且此现象呈逐年增加趋势^[2]。目前,围绕盐碱地改良与利用的研究颇多,其中如何在盐碱地实现农业的高效利用已成为研究热点。而明确土壤盐碱特征及有机质含量之间的关系是实现盐碱地农业高效利用的前提。国内外学者主要从盐渍土的形成原因、分布特征、对植被的影响、改良措施等方面来研究土壤与环境之间的相互关系,并开展了大量的研究工作^[3-6]。关于盐分因子与养分的研究有很多,但基于不同地貌类型耕地的盐分因子与有机质含量相互关系的研究尚不多见。

鉴于此,本研究选择新疆阿勒泰地区中部的耕地为研究对象,研究分布在多种地貌类型上耕地的土壤盐分因子与有机质含量的关系特征,并对其可能存在的土壤盐渍化风险进行评价,对保护耕地质量及提高农作物产量、保障国家粮食安全和经济可持续发展具有重大意义,为改良耕地及使粮食作物高产等措施的制定提供参考。

收稿日期:2018-01-05

基金项目:国家自然科学基金(编号:41671198)。

作者简介:杨磊(1979—),男,新疆石河子人,博士研究生,主要从事干旱区资源环境与人地关系研究。E-mail: yanglei3s@163.com。

通信作者:熊黑钢,博士,教授,主要从事环境资源方面的研究。E-mail: xhg1956@sohu.com。

1 研究区概况

研究区位于新疆维吾尔自治区阿勒泰市中部(图1),地理坐标为 $47^{\circ}27'40'' \sim 48^{\circ}38'46''\text{N}$, $86^{\circ}53'15'' \sim 88^{\circ}37'35''\text{E}$ 。土地总面积 1.02 km^2 , 自北向南分为山前盆地、山前平原、

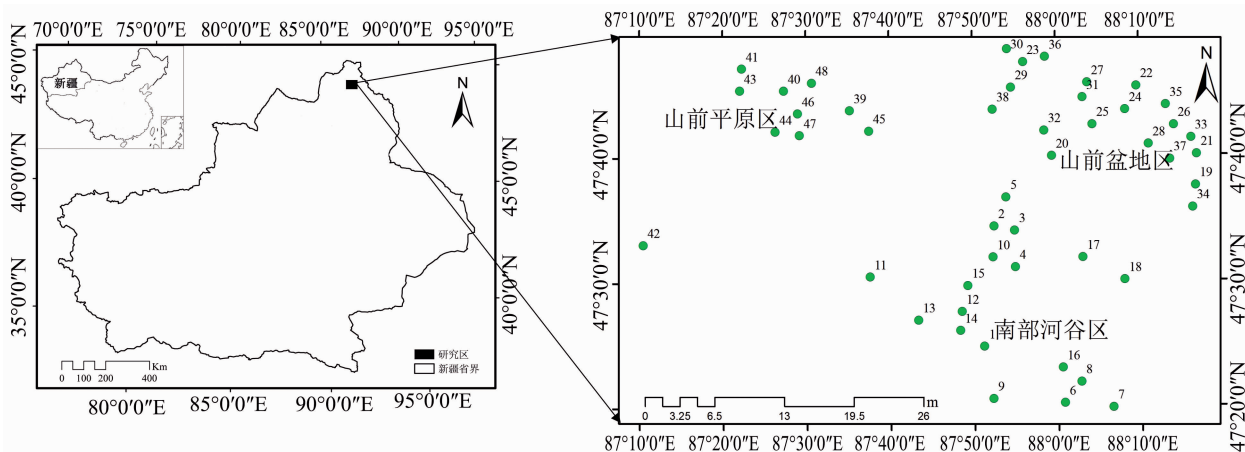


图1 研究区位置及采样点分布

2 材料与方法

2.1 数据来源

2017年6月在新疆阿勒泰市西北部针对3类地貌类型的耕地,利用梅花桩采样法,用土钻分别采集距地表0~20 cm深的土壤样本,其中山前盆地(盆地)土壤样本25个,山前平原区(平原区)土壤样本13个,南部河谷区(河谷区)土壤样本17个。同时记录每个样本的土壤质地特征,并将每个土壤样本编号入袋,带回实验室,经自然风干和剔除残渣、石块等杂质后,进行研磨,过1 mm孔径筛。最后送至新疆农业科学院土壤理化分析实验室由专业人士进行土壤总盐含量、有机质含量、pH值数据的测定。

2.2 数据处理及方法

数据处理、相关性分析和制图分别采用 SigmaPlot 12.5、Origin 9.1 和 ArcGIS 10.1 进行制作并分析其特征;采用指示克里格方法分析耕地土壤盐渍化风险概率。指示克里格方法(indicator kriging,简称IK)是一种非参数估计方法,预测精度超过普通克里格方法。目前该方法广泛应用于地下水及土壤盐渍化状况的研究^[9-10],将区域化变量的研究转化为对其指示函数的研究,可以用来估计超出规定阈值的概率。

3 结果与分析

3.1 土壤盐分因子及有机质含量统计分析

利用统计学方法分别对阿勒泰市盆地、平原区、河谷区3类地貌的耕地土壤盐分因子与有机质(SOM)含量进行分析。盆地土壤pH值均值为8.37,平原区土壤pH值均值为8.45,河谷区土壤pH值均值为8.67,均呈微碱性,其值变化幅度较小,且由盆地到河谷有逐渐增大的趋势。盆地、平原区、河谷区总盐含量均值分别为0.42、0.47、1.28 g/kg,土壤盐分均小于3 g/kg^[11],土壤盐分含量较低且呈现出与pH值相似的变化趋势。盆地、平原区和河谷区的土壤有机质含量分别为14.86、13.49、11.44 g/kg,呈逐渐降低趋势,说明其

南部河谷3个地貌类型^[7-8]。气候类型属于典型的大陆性干旱气候,年降水量350~600 mm,蒸发势为1 682~2 000 mm,年均温4℃,无霜期155~160 d,日照时数2 825~2 960 h,日照率64%~66%;土壤pH值大于8.0,呈碱性。

与土壤盐分因子空间变化表现为相反的趋势(图2)。

3.2 不同地貌上的土壤盐分因子及有机质含量变异特征

变异系数是反映变量离散程度的重要指标,在一定程度上揭示了变量的空间分布特性^[12]。从图3可以看出,除pH值外,其余的土壤盐分因子变异系数的变化规律基本相似,均表现为平原区最大,河谷区次之,盆地最小。各种地貌类型的pH值变异系数均小于10%,属于弱变异性。平原区总盐含量的变异系数>100%,属于强变异性;其余地貌类型的总盐含量的变异系数均介于27%~100%之间,属中等强度变异性。说明研究区3种地貌类型的盐分含量水平分布不均匀,呈较强的空间异质性。

3.3 不同地貌土壤有机质分布特征

本研究参考全国第二次土壤普查有关标准,对阿勒泰地区3类地貌类型耕地的土壤有机质含量进行评级^[13]。河谷区、盆地和平原区有机质含量分级均值在12.0~15.5 g/kg之间,均处于第4等级“稍缺”水平,并呈现出盆地>平原区>河谷区的变化(图4)。山前盆地地势较为凹陷山体遮挡了部分阳光的直射,导致蒸发量相对较少,植被覆盖度较高,所以导致盆地的有机质含量相对较高。河谷区水分充足,植被覆盖度一般,可能是由于河流的常年冲刷,导致土壤肥力下降,所以河谷区的土壤肥力最低。平原区土壤有机质含量变化范围的倍率最大,最大值为25.90 g/kg,约为最小值(5.11 g/kg)的5倍。其次为盆地,最大值为24.43 g/kg,约为最小值(6.07 g/kg)的4倍,河谷区的变化幅度最小。整体看来,阿勒泰地区耕地土壤有机质处于稍缺水平。

3.4 不同地貌上的土壤盐分因子与有机质含量的相关性分析

为了探讨盐分因子与有机质含量的关系,对河谷区、盆地和平原区的盐分因子与有机质含量进行相关分析。由表1可知,河谷区总盐含量与有机质含量相关性较强,相关系数为0.829,呈极显著正相关($P < 0.01$),河谷区地势较低且地下水水位高,耕地耐盐植被较多且植被覆盖度较高。河谷区总盐

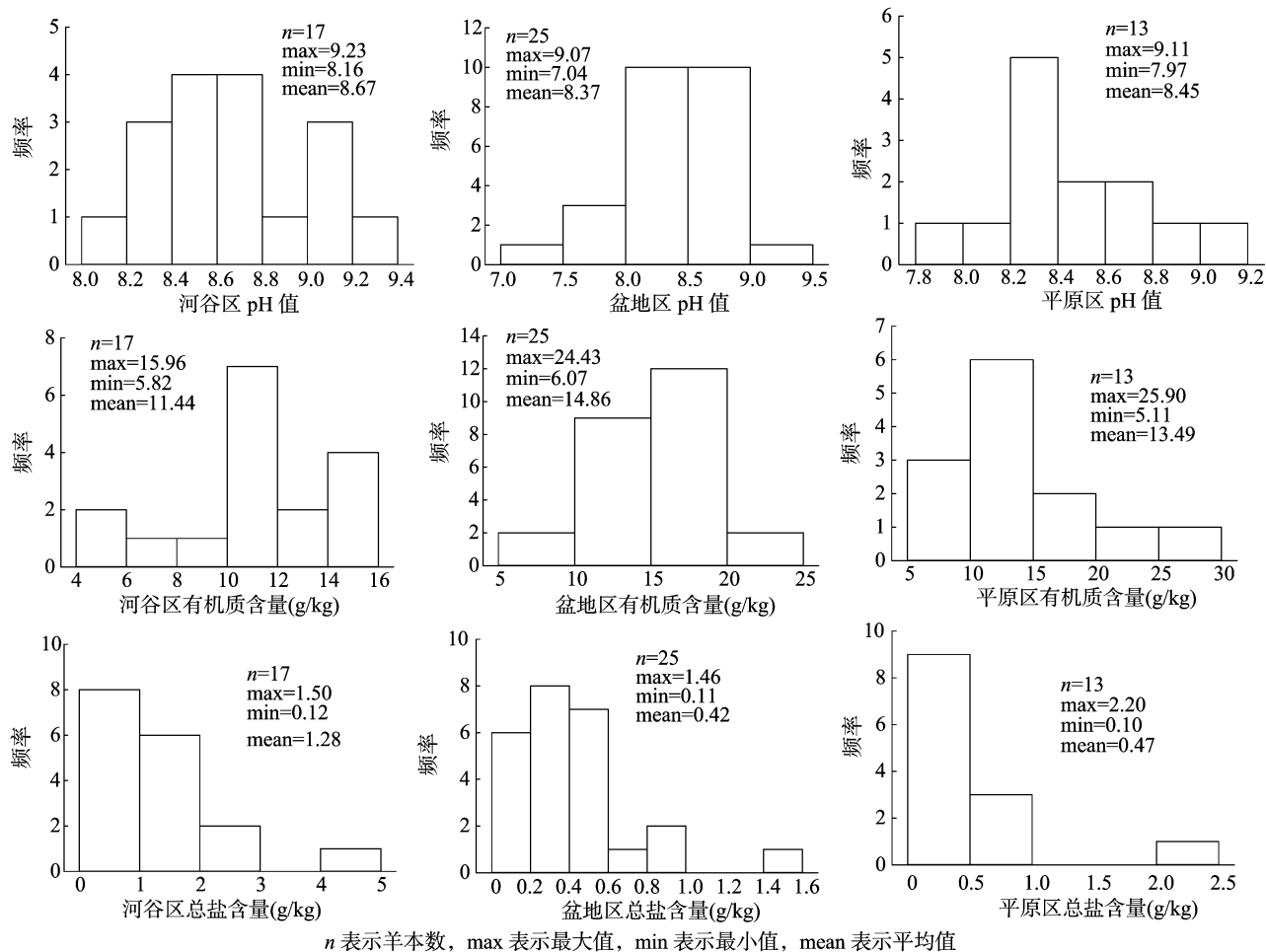


图2 不同地貌类型耕地土壤盐碱因子及有机质分布特征

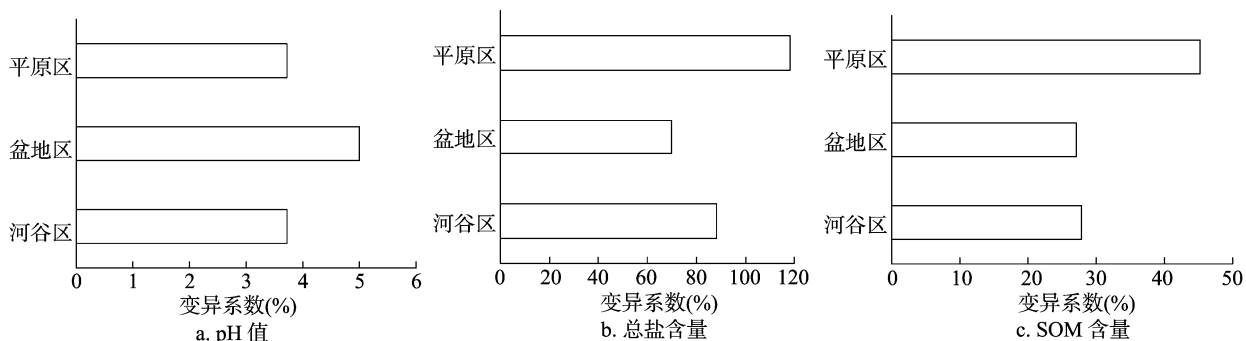


图3 不同地貌类型上的耕地土壤变异系数

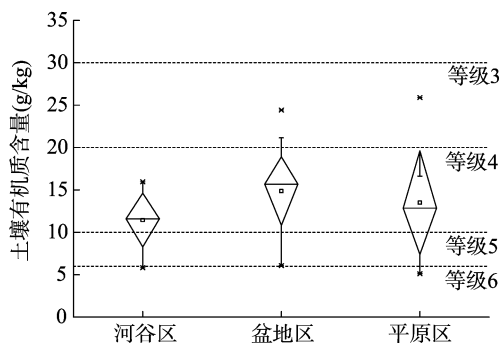


图4 不同地貌类型上的耕地土壤有机质含量等级分布

含量与盆地区有机质含量的相关系数为 0.829, 呈极显著相关, 说明河谷区总盐含量与盆地区有机质含量存在某种关系。河谷区有机质含量与盆地区有机质含量相关系数为 1, 且呈极显著相关, 说明河谷区与盆地区土壤有机质属同一起来源。河谷区耐盐性植被凋谢, 植被体内的盐分残体导致河谷区土壤盐分与有机质含量较高, 所以说盐分与有机质是同一起来源。而平原区有机质含量与 3 个区的土壤总盐含量均不存在显著相关性, 说明平原区土壤有机质与盆地区和河谷区属不同来源。盆地区总盐含量与 pH 值显著相关, 相关系数为 0.492 ($P < 0.05$); 平原区总盐含量与 pH 值极显著正相关, 相关系数为 0.747, 说明盆地区与平原区土壤总盐含量和土壤酸碱

表 1 不同地貌类型耕地土壤盐分因子与有机质含量相关性分析

地貌类型	理化性质	河谷区			盆地区			平原区		
		pH 值	总盐含量	SOM 含量	pH 值	总盐含量	SOM 含量	pH 值	总盐含量	SOM 含量
河谷区	pH 值	1.000								
	总盐含量	-0.173	1.000							
	SOM 含量	-0.177	0.829 **	1.000						
盆地区	pH 值	-0.131	-0.207	-0.012	1.000					
	总盐含量	-0.073	0.012	0.29	0.492 *	1.000				
	SOM 含量	-0.177	0.829 **	1.000 **	-0.111	0.380	1.000			
平原区	pH 值	0.373	0.046	-0.017	-0.025	-0.539	-0.017	1.000		
	总盐含量	0.036	0.309	0.282	-0.199	-0.456	0.282	0.747 **	1.000	
	SOM 含量	0.003	0.456	0.522	-0.082	-0.370	0.522	0.514	0.514	1.000

注：* 表示显著性相关($P < 0.05$)，** 表示极显著相关($P < 0.01$)。

程度存在一定的正比例关系。

为进一步了解不同区域的有机质含量与盐分因子之间的数学关系,针对表 1 中土壤盐分因子与有机质含量具有显著性相关的现象,首先选取与有机质含量呈显著相关的土壤盐分因子,再将不同地貌类型的有机质含量分别与土壤盐分因子进行函数拟合(图 5)。可以看出,河谷区总盐含量与盆地区有机质含量三次函数拟合关系最好,且呈极显著相关,相关

系数 $r^2 = 0.775\ 3$ 。河谷区总盐含量与河谷区有机质含量也存在三次函数关系,也呈极显著相关,相关系数 $r^2 = 0.735\ 4$ 。说明河谷区总盐含量与河谷区、盆地区有机质含量均存在类似关系,且变化趋势也基本一致,结合表 1 中,河谷区有机质含量与盆地区有机质含量相关性为 1($P < 0.01$)可以判断,河谷区有机质与盆地区有机质属同一起来源。

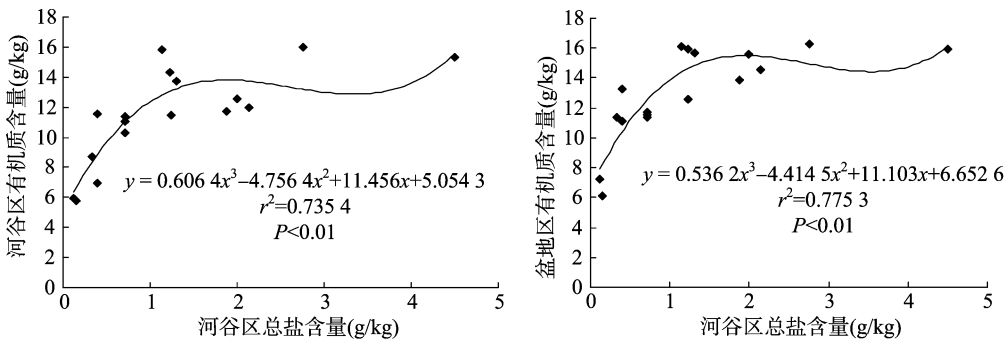


图5 不同区域土壤盐分因子与有机质含量的关系

3.5 不同地貌土壤盐分因子与有机质含量地统计分析

在地统计学中,半方差函数是研究区域化变量随机性和结构性最有效的工具之一。半方差函数的主要参数包括块金值 C_0 、结构方差 C 和基台值 $C_0 + C$ 。块金值表示由于实验误差和取样尺度引起的变异。块金值与基台值之比 $C_0 / (C_0 + C)$ 反映土壤盐分因子与有机质含量的空间依赖性和系统变量的空间相关性程度^[14]。它常用于不同区域变量之间的比较,如果比值小于 0.25,说明系统具有强烈的空间自相关性。如果比值在 0.25 ~ 0.75 之间,表明系统具有中等的空间自相关性,若比值大于 0.75,表明系统空间自相关性很弱。从表 2 可以看出,不同地貌类型土壤 pH 值的基台效应 $C_0 / (C_0 + C)$ 比值在 0.279 ~ 0.566 之间,具有中等的空间相关性,表明它们受结构性因素和随机性因素共同作用,如土壤类型和当地耕作方式等因素。河谷区与盆地区土壤总盐含量的基台效应 $C_0 / (C_0 + C)$ 比值分别为 0.984 和 0.949,表明系统空间自相关性很弱。平原区的土壤总盐含量与有机质含量的基台效应 $C_0 / (C_0 + C)$ 比值均为 0.277,说明系统具有强烈的空间自相关性。

变程是变异函数达到基台值时所对应的距离,它表明土壤盐分因子与有机质含量空间自相关性的范围。由表 2 可

知,盆地区总盐含量的变程为 3.75 km,而平原区总盐含量的变程达到 27.195 km,主要原因是平原区地势平坦,加之降水和耕种等过程导致平原区耕地总盐含量均一化,进而扩大了总盐含量的变化范围。

整体来看各区 pH 值、SOM 含量的变程相差不大;而各区总盐含量的变程相差较大;平原区 pH 值、SOM 含量和总盐含量变程相等,说明平原区 pH 值、SOM 含量和总盐含量的变化具有同步性。

3.6 不同地貌类型土壤盐渍化风险评价

以新疆土壤盐渍化标准中的低范围上限和中度盐渍化范围下限(1.0 g/kg)为阈值^[15],采用指示克里格方法,分析研究区农田土壤中总盐含量的环境风险概率分布格局。分析表明,从盐渍化风险整体状况来看,在研究区中,河谷区农田土壤盐渍化风险较高,盆地区农田土壤盐渍化风险较低,平原区存在中度的盐渍化风险(图 6)。从河谷区到盆地区盐渍化风险呈增加趋势,从河谷区到平原区存在相似的变化规律。考虑到研究区主要作物为小麦,而小麦为低中度耐盐作物,比西北地区种植的棉花经济作物的耐盐碱性弱,是西北干旱区绿洲中重要的农作物,相关研究表明,小麦在盐分含量为 3.0 g/kg 左右的土壤中可以正常生长^[16]。因此,从研究区土

表 2 不同地貌类型的耕地土壤盐分因子与有机质含量的半方差函数类型和模型参数

地貌类型	理化性质	理论模型	块金方差 C_0	基台值 $C_0 + C$	变程 (km)	决定系数 r^2	基台效应 $C_0/(C_0 + C)$	分维度 D
河谷区	pH 值	G	0.101	0.140	27.52	0.057	0.279	1.917
	总盐含量	E	0.022	1.374	12.40	0.481	0.984	1.669
	SOM 含量	G	0.010	12.37	27.96	0.608	0.999	1.586
盆地区	pH 值	S	0.114	0.165	27.29	0.213	0.309	1.969
	总盐含量	E	0.002	0.039	3.75	0.018	0.949	1.987
	SOM 含量	L	8.660	14.838	27.29	0.196	0.416	1.914
平原区	pH 值	E	0.056	0.129	27.195	0.173	0.566	1.874
	总盐含量	E	0.253	0.350	27.195	0.505	0.277	1.098
	SOM 含量	G	35.100	48.529	27.195	0.563	0.277	1.781

注:G 指高斯模型,E 指指数模型,S 指球状模型,L 指线性模型。

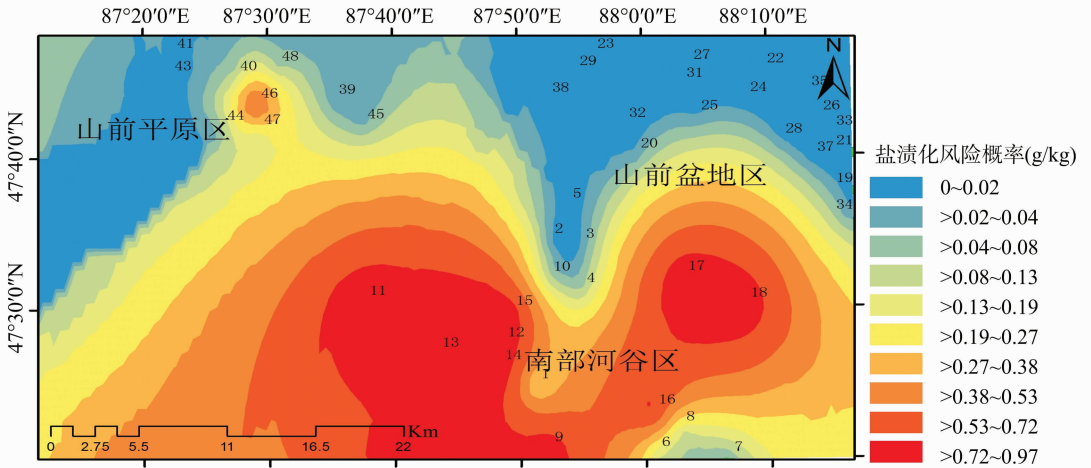


图6 不同地貌类型的耕地土壤盐渍化风险概率

壤盐渍化风险实际状况看,目前不会对该地区主要作物小麦的生长产生危害。

4 结论与讨论

通过分析不同地貌耕地区域的土壤盐分因子与有机质含量变异性及关联性进行分析得到以下结论:(1)盆地区、平原区和河谷区这3类地貌的土壤pH值、总盐含量和土壤有机质含量数值,均呈现由盆地到河谷逐渐增大的趋势。(2)从变异系数来看,3种地貌类型的pH值变异系数均小于10%,属弱变异性,平原区总盐含量的变异系数>100%,属于强变异性,河谷区与盆地区土壤总盐含量和SOM含量的变异系数介于27%~100%之间,属低强度的变异性。说明研究区3种地貌类型的盐分含量的水平分布不均匀,呈较强的空间异质性。(3)阿勒泰地区耕地土壤有机质处于稍缺水平,平原区土壤有机质含量变化范围的倍率最大,最大值为25.90 g/kg,约为最小值(5.11 g/kg)的5倍。其次为盆地区,河谷区的变化幅度最小。河谷区总盐含量与有机质含量相关系数为0.829,呈极显著相关。河谷区总盐含量与盆地区有机质含量的相关系数为0.829,呈极显著相关,且均呈现三次函数拟合关系。(4)河谷区土壤总盐含量的基台效应 $C_0/(C_0 + C)$ 比值为0.984,系统空间自相关性很弱。平原区土壤总盐含量与有机质含量的基台效应 $C_0/(C_0 + C)$ 比值均为0.277,系统具有强烈的空间自相关性。(5)在研究区中河谷

区农田土壤存在较高的盐渍化风险,盆地区农田土壤存在较低的盐渍化风险,平原区存在中度的盐渍化风险。从河谷区到盆地区,盐渍化风险呈增加趋势,从河谷区到平原区存在相似的变化规律。

参考文献:

[1]张忠启,史学正,于东升,等. 红壤区土壤有机质和全氮含量的空间预测方法[J]. 生态学报,2010,30(19):5338-5345.
[2]侯玉明,王刚,王二英,等. 河套灌区盐碱土成因、类型及有效的治理改良措施[J]. 现代农业,2011(1):92-93.
[3]王静,刘湘南,黄方,等. 基于ANN技术和高光谱遥感的盐渍土盐分预测[J]. 农业工程学报,2009,25(12):161-166.
[4]Eldeiry A A, Garcia L A. Detecting soil salinity in alfalfa fields using spatial modeling and remote sensing[J]. Soil Science Society of America Journal,2008,72(1):201-211.
[5]张飞,塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等. 干旱区绿洲土壤盐渍化程度遥感定量评价[J]. 生态环境学报,2009,18(5):1822-1829.
[6]Cai S M, Zhang R Q, Liu L M, et al. A method of salt-affected soil information extraction based on a support vector machine with texture features[J]. Mathematical and Computer Modelling,2010,51(11/12):1319-1325.
[7]田润炜,蔡新斌,买尔燕古丽·阿不都热合曼,等. 新疆阿勒泰科克苏湿地自然保护区生态服务价值评价[J]. 湿地科学,2015,13(4):491-494.

余焰文,蔡小琴,蔡哲,等. 江西省近 35 年双季早稻气候资源变化及其生育期响应[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):261-267.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.058

江西省近 35 年双季早稻气候资源变化及其生育期响应

余焰文¹, 蔡小琴¹, 蔡哲², 郭瑞鸽²

(1. 江西省抚州市气象局,江西抚州 344000; 2. 江西省农业气象中心,江西南昌 330000)

摘要:为研究气候变化背景下江西省早稻气候资源的变化特征,以江西省 69 个气象观测站 1981—2015 年 3—7 月逐日气象观测数据和 14 个农业气象观测站的早稻生育期观测数据为基础,分析江西省近 35 年早稻生育期气象因子的时间变化,稳定通过 10℃ 初日及 3—7 月积温、降水量、日照时数的时空分布规律。结果表明,早稻生育期在年际上有不同程度提前,赣北较赣南更为明显,时间上以 21 世纪初最为明显,且整个时段内各地稳定通过 10℃ 初日均明显早于播种期。MK 突变检验的结果表明,积温显著突变时间为 2000 年左右,降水量和日照时数则呈现波动性变化,结合线性拟合分析,1981—2015 年 3—7 月积温呈极显著增加趋势,其气候倾向率为 57.33℃·d/10 年,但 2000 年前后时段内积温升高并不显著;降水量呈现减少—增加交替的周期性变化;日照时数总体略有减少,其中 2000 年以来以 -72.58 h/10 年的趋势显著减少。空间上,积温总体表现为南高北低,20 世纪 90 年代和 21 世纪初赣南中部和赣中以北区域积温均有明显升高;降水量高值区主要位于赣东北,低值区主要分布在赣北北部和赣西南,日照时数呈现北多南少的特点,降水量和日照时数的空间分布均存在年代际波动周期,从 20 世纪 80 年代起降水量表现为先增后减再增,日照时数则表现为先减后增再减。气候变化导致农业气候资源的变化,研究可为江西早稻调整和优化耕种制度,充分利用气候资源、趋利避害提供理论支撑和技术指导。

关键词:早稻;气候资源;MK 检验;时空分布;生育期

中图分类号: S162.5⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)10-0261-07

气候变化及其引发的后果一直是近年来科学研究关注的热点和重点,根据 IPCC 第 4 次评估报告,全球平均温度在过去 100 年(1906—2005 年)上升了 0.74℃^[1],2013 年的第 5 次评估报告指出全球升温趋势仍在继续,在北半球,1983—2012 年可能是过去 1 400 年中最暖的 30 年^[2]。

气候条件是影响农业生产最重要的因素,温度、降水、光照等气象因子的变化直接影响作物生长,在全球气候变化背景下,我国的农业气候资源也同样发生改变。杨晓光等对比分析了我国 1980 年前后的气候变化特征^[3];段运怀等结合农

作物对热量条件的需求将全国划分为不同的制熟区域^[4];缪启龙等以全国≥10℃、≥0℃积温和持续天数分布的变化为基础,重点分析了气候变暖对我国热量资源分布的影响^[5];赵俊芳等以气候模式结合历史气候资料分析表明,2011 年后全国大部分地区初霜冻日提前,终霜冻日延迟,农业热量资源有不同程度增加^[6]。气候变化还会引起耕作制度的改变^[7],气候变暖背景下高低温气象灾害的发生及分布规律也随之改变^[8-10],李勇等分析了气候变化对长江中下游水稻的影响,研究表明 1981 年后 30 年间水稻安全种植区域相对明显增加,而敏感区域内高温热害次数增加,低温冷害次数减少^[11]。

目前农业气候变化的研究大多涉及范围较广,主要涉及我国华南地区^[12]、西北地区^[13]、东北地区^[14]、长江中下游^[15-16]等地区,但是针对江西省早稻的气候资源研究相对较少。江西省是我国重要的水稻主产区之一,同时也是农业气象灾害高发区和重灾区,气候变化对早稻生产带来的影响不容忽视,本研究以 1981—2015 年江西省早稻生育期数据和 3—7 月逐日气象资料为基础,分析江西省早稻生育期内光、

收稿日期:2017-12-29

基金项目:江西省气象科技项目“早春气候资源在水稻生产中的利用技术研究”。

作者简介:余焰文(1989—),男,江西九江人,硕士,助理工程师,主要从事农业气象业务及研究。E-mail: yuyanwen204@163.com。

通信作者:郭瑞鸽,硕士,高级工程师,主要从事农业气象业务及研究。E-mail: 65736370@qq.com。

[8] 王国亚,毛炜峰,贺斌,等. 新疆阿勒泰地区积雪变化特征及其对冻土的影响[J]. 冰川冻土,2012,34(6):1293-1300.

[9] 杨奇勇,杨劲松,余世鹏. 禹城市耕地土壤盐分与有机质的指示克里格分析[J]. 生态学报,2011,31(8):2196-2202.

[10] 杨奇勇,杨劲松,刘广明. 土壤盐分空间异质性的指示克里格阈值研究[J]. 灌溉排水学报,2011,30(3):72-76.

[11] 新疆维吾尔自治区农业厅. 新疆土壤[M]. 北京:科学出版社,1996:151-521.

[12] 赵秀芳,杨劲松,姚荣江. 基于典范对应分析的苏北滩涂土壤春季盐渍化特征研究[J]. 土壤学报,2010,47(3):422-428.

[13] 周伟,王文杰,张波,等. 长春城市森林绿地土壤肥力评价[J]. 生态学报,2017,37(4):1211-1220.

[14] 张倩,胡胜勇,高明,等. 紫色丘陵区土壤养分空间变异特征研究——以重庆市铜梁县为例[J]. 中国农学通报,2011,27(20):216-223.

[15] 张兆永,李菊英,祖皮艳木·买买提,等. 艾比湖流域小尺度农田土壤养分的空间分布和盐渍化风险评价[J]. 生态学报,2017,37(3):819-828.

[16] 王振华,裴磊,郑旭荣,等. 盐碱地滴灌春小麦光合特性与耐盐指标研究[J]. 农业机械学报,2016,47(4):65-72,104.