

# 不同开垦年限土壤养分和盐分时空分布特征研究

谷海斌, 王 泽, 武红旗, 盛建东

(新疆土壤与植物生态过程实验室, 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 为了研究干旱区绿洲农业不同开垦年限耕地土壤养分的时间和空间变化规律, 选取玛纳斯流域内 5 个开垦年限(荒地、2 a、4 a、6 a、8 a)的土地, 结合地统计学、3S 技术, 利用空间置换时间的方法对研究区土壤养分和盐分的时空分布特征进行分析研究。结果表明: 研究区耕地随着开垦年限的增加, 各层土壤的总盐、有效钾含量呈明显下降的趋势。总盐含量由开垦前  $11.9 \sim 25.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  下降至开垦 8 a 后的  $1.7 \sim 3.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 尤其是表层土壤总盐的含量在开垦种植 6 ~ 8 a 后基本维持在非盐化 - 轻盐化水平; 而土壤有效钾含量在各个层次均呈现出不断的消耗趋势, 由开垦前  $225 \sim 499 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  下降至开垦 8 a 后的  $138 \sim 225 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 随着开垦年限的增加, 研究区土壤有机质、碱解氮和有效磷含量呈现出先下降再升高的趋势, 基本上在开垦 4 a 左右的时候会会出现一个较低值, 然后随着开垦种植年限的增加而逐渐上升, 如有效磷含量由开垦前  $3.7 \sim 8.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  下降至开垦 4 a 后的  $1.9 \sim 5.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 随后上升至开垦 8 a 后的  $3.37 \sim 13.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。研究表明, 研究区农业用地开垦时间的长短对土壤养分、盐分含量的影响表现出一定的规律。

**关键词:** 开垦年限; 土壤养分; 土壤盐分; 时空变异

**中图分类号:** S153.6 **文献标志码:** A

## Research on temporal and spatial distribution characteristics of soil nutrient and salt under different reclamation years

GU Hai-bin, WANG Ze, Wu Hong-qi, SHENG Jian-dong

(Xinjiang Key Laboratory of Soil and Plant Ecological Processes, College of Grassland and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

**Abstract:** The objective of this study was to explore the temporal and spatial variation rules of soil nutrients and salt under different cultivation years of agriculture in the arid areas. Uncultivated land and lands with 2, 4, 6, 8 years of cultivation in the Manas River Valley as the research object. Using methods of geostatistics, 3S technology and temporal - spatial conversion, the time and space distribution characteristics of soil nutrient and salt were analyzed. The results showed that the contents of total soil salt and available potassium at each layer had an obvious downward trend with the increase of cultivation years. The soil salts from  $11.9 \sim 25.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  in barren land fell to  $1.7 \sim 3.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  after 8 years cultivation. The contents of surface soil salt maintained at low levels until reclaimed 6 ~ 8 years in the study area. It also showed that the contents of soil available potassium presented a continuous consumption trend. The soil available potassium from  $225 \sim 499 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  of barren land fell to  $138 \sim 225 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  after 8 years cultivation. The contents of soil organic matter, alkali-hydro nitrogen and available phosphorus became firstly decreased, and then went increased with reclaimed years increased. The trough of soil nutrients appeared in about 4 years of land reclamation. For example, the soil available phosphorus from  $3.7 \sim 8.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  in barren land fell to  $1.9 \sim 5.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  after 4 years cultivation, and then rose to  $3.37 \sim 13.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  after 8 years cultivation. In conclusion, our studies have shown that length of reclaimed time in research area influences soil nutrients and salt contents and displays a certain degree of regularity.

**Keywords:** cultivation year; soil nutrients; soil salinity; temporal and spatial variation

收稿日期: 2015-07-21

**基金项目:** 国家自然科学基金项目“绿洲农田土壤盐碱斑特征、类型及形成机制研究”(41261057); 国家自然科学基金项目“基于无人机平台的滴灌棉花规模化种植过程中营养快速诊断指标及建模研究”(3156340); 农业部测土配方施肥补贴项目(新疆耕地地力评价专项经费); 新疆自治区土壤学重点学科基金

**作者简介:** 谷海斌(1985—), 山西临汾人, 助理研究员, 主要从事土壤盐渍化改良、土壤制图工作。E-mail: haibingu@163.com。

**通信作者:** 盛建东(1970—), 甘肃秦安人, 教授, 主要从事土壤质量空间变异及盐渍化改良方面的研究。E-mail: sjd-2004@126.com。

近年来,伴随着人口增加和后备耕地减少的压力,耕地资源开垦成为保持耕地资源动态平衡的重要途径<sup>[1]</sup>。尤其是随着西部大开发战略的实施,耕地开发的重点有向西部转移的趋势,据统计我国原有各类盐碱土地  $2\ 670 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其中已有  $670 \times 10^4 \text{ hm}^2$  被开垦为耕地<sup>[2]</sup>,而以新疆为代表的干旱区绿洲农业,近年来耕地面积增长很快,在 1995—2008 年之间每年平均增加  $15.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,整体上呈现绿洲不断向外围的荒漠区域扩张,大面积的荒漠土壤、盐碱地向耕作农田转变<sup>[3]</sup>,这对抑制全国耕地面积下滑和促进新疆农业发展起了重要作用<sup>[4]</sup>。但是,由于新疆干旱区绿洲特殊的地理环境及种植过程中的人为因素,许多开垦种植年限不长的耕地由于不合理的灌溉渠系设计和灌溉管理方式<sup>[5-6]</sup>等诸多因素造成了土壤不同程度的盐碱化<sup>[7]</sup>、土壤贫瘠等现象,进而出现大面积新垦农田撂荒的现象<sup>[8]</sup>。为了避免或减轻农田开垦过程中生态环境进一步恶化,在农田开垦之前及种植过程中,对土壤盐分及养分等特性进行全面分析和了解是必需的<sup>[9]</sup>。许多研究者从不同开垦年限土壤盐分和养分的含量变化进行研究,普遍认为盐碱荒地经过多年开垦利用后,土壤可溶性盐分和 pH 值均显著降低<sup>[10-11]</sup>,部分土壤在开垦后一定年限内有机质及氮素含量下降的趋势较为明显<sup>[12]</sup>,尤其是东北的黑土地,在开垦初期 20 年内下降较快,之后变化缓慢<sup>[13]</sup>,必须通过增加有机肥施用量、强化耕地养管理等措施防止这种趋势的继续。同时,张国平<sup>[14]</sup>、崔贝<sup>[15]</sup>、冉启洋<sup>[16]</sup>以及姚荣江等<sup>[17]</sup>均对耕地土壤养分、盐分的空间分布进行了研究,对不同地形、地质带下的土壤盐分、养分分布特征及影响因素也进行了大量研究,为区域农田合理施肥、土壤改良提供了大量理论依据。周传艳<sup>[18]</sup>等对贵州普定典型岩溶山区 7 种土地利用方式和 3 个不同开垦时间土壤养分的空间分布进行研究,认为开垦时间长或短对土壤养分含量的影响未表现出特殊规律性,可能受到其它因素的影响。此外,一部分研究人员侧重于耕地数量和空间格局的特征分析对耕地开发进行了大量研究<sup>[19-21]</sup>,一部分研究人员探讨了土壤养分时空变异与施肥<sup>[22]</sup>、地形<sup>[23-24]</sup>、作物类型等因素的关系。本研究以新疆玛纳斯河流域内不同开垦年限耕地土壤的养分、盐分为研究对象,通过详细的采样分析,阐述其在不同层次上的空间分布特征;利用空间置换时间的方法,研究其在开垦年限上呈现的变化规律。同时,探讨了研究区土壤养分、盐分在不同时空呈现出特定分

布特征及规律的成因。研究旨在为区域耕地合理开垦、精确施肥等提供理论指导,并对不同开垦年限土壤养分、盐分的管理提供生产建议。研究结果对保障粮食安全、实现区域耕地可持续利用和协调耕地开发与生态环境之间的关系有着重要意义<sup>[25]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于新疆玛纳斯河流域,系天山北麓中段、准噶尔盆地南缘,北纬  $43^{\circ}27' \sim 45^{\circ}21'$ ,海拔在  $30 \sim 500 \text{ m}$  之间,属温带大陆性干旱半干旱气候。冬季长而严寒,夏季短而炎热,年平均气温  $7.5^{\circ}\text{C} \sim 8.2^{\circ}\text{C}$ ,无霜期  $147 \sim 191 \text{ d}$ ,年降雨量  $180 \sim 270 \text{ mm}$ ,年蒸发量  $1\ 000 \sim 1\ 500 \text{ mm}$ 。玛纳斯河流域发源于北天山中段的高山冰雪区,流域面积  $3.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,地表水多年平均径流总量  $22.98 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,以玛纳斯河(以下简称玛河)水量最大,多年平均径流量  $12.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。流域山前平原区是新老绿洲的聚集地,其中沙湾、玛纳斯老绿洲位于冲积平原中上部,开发历史较长。目前,玛河流域已是全疆乃至全国高效节水发展最快、面积最大的灌区。随着膜下滴灌技术的大面积推广应用,流域耕地面积进入一个高速扩张时期(绿洲耕地面积由 1998 年的  $56.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$  增加至 2008 年的  $65.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ),绿洲规模急剧扩大<sup>[26]</sup>。

本研究的实验区位于玛河流域山前平原的玛纳斯县芳群农场( $44^{\circ}18' \text{ N}$ ,  $86^{\circ}22' \text{ E}$ ),该农场为新疆农业科学院在 2000 年开垦建设的棉花种植基地,整个地势为南高北低、东高西低,土壤类型为盐化灰漠土,原始荒地的土壤盐分含量普遍在  $10 \sim 20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  之间,部分区域盐分含量可达  $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,地下水埋深  $> 3 \text{ m}$ 。

### 1.2 样点布置与采样分析

2010 年 4 月,选择农场内荒地及 4 个开垦年限的地块(开垦年限分别为 2 a、4 a、6 a、8 a),以  $80 \sim 120 \text{ m}$  为采样间距,设置采样点 82 个,每个样点按  $0 \sim 30 \text{ cm}$ 、 $30 \sim 60 \text{ cm}$  及  $60 \sim 100 \text{ cm}$  分层采集,共计 246 个土壤样品,研究区的采样点分布图(图 1)。实验室分析测定土壤总盐、碱解氮、磷、钾,有机质等,测定方法见《土壤农化分析》。

### 1.3 数据分析

数据常规分析利用 Spass13.0 软件进行,半方差模型拟利用地统计学软件 GS+ For Windows 5.3 软件进行,克里格插值与分布图的制作利用 ARCGIS 9.3 软件制作完成。

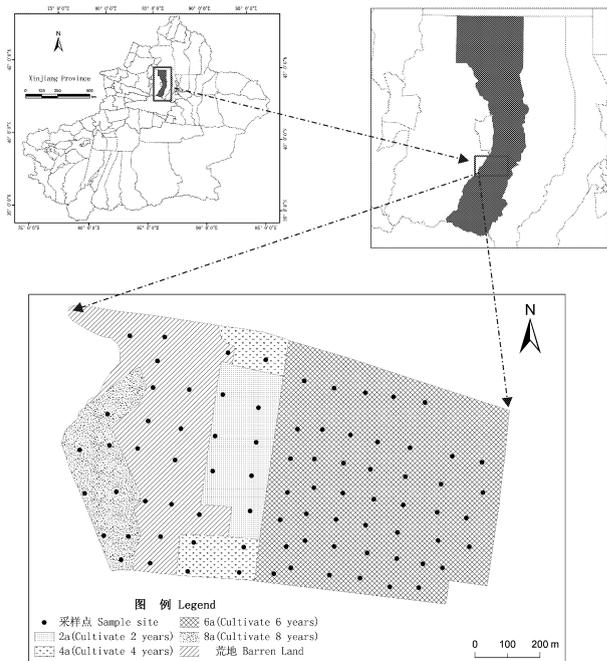


图 1 研究区耕地开垦年限及采样点分布图

Fig. 1 The study area and distribution of sampling sites

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤属性常规统计分析

分析表 1 可知,研究区土壤受到不同程度盐渍化的威胁。参考最新《新疆土壤》标准确定土壤盐碱化分级,划分盐渍化程度等级为:非盐化( $< 3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、轻盐化( $3 \sim 6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、中盐化( $6 \sim 10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、重盐化( $10 \sim 20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、盐土( $> 20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。由此可见,研究区表层土壤总盐平均含量达到轻度盐化指标,中层和底层达到重度盐渍化标准。各层土壤养分中的有机质含量均小于  $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,碱解氮含量小于  $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,有效磷含量小于  $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。由此可见研究区速效养分中除有效钾含量水平较高外,其余速效养分的平均值处于中、下等水平,相对较为匮乏。

由此可见,研究区表层土壤总盐平均含量达到轻度盐化指标,中层和底层达到重度盐渍化标准。各层土壤养分中的有机质含量均小于  $10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,碱解氮含量小于  $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,有效磷含量小于  $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。由此可见研究区速效养分中除有效钾含量水平较高外,其余速效养分的平均值处于中、下等水平,相对较为匮乏。

### 2.2 土壤特性的空间变异特征分析

利用地统计学软件对研究区的土壤属性值进行模型拟合,模型参数结果见表 2。由拟合结果可以看出:60~100 cm 的土壤总盐、有机质和有效磷拟和模型为球状模型,其余各土壤属性的拟和模型均为指数状模型,而且除 30~60 cm 土壤有机质模型的决定系数较低( $r^2 = 0.615$ )外,其余各模型的决定系数普遍较高,表明研究区三层土壤属性半方差模型拟和精度普遍较高。由拟合模型可以看出碱解氮的块金值( $C_0$ )普遍较小,表明在碱解氮的预测过程中,各相邻点对彼此的权值较大;而有效钾的块金值较大,表明在预测过程中,有效钾所表现出的空间分布结果相对较平滑。模型块金效应(块金值/基台值),反映变量空间变异的来源,比值越小表明人为因素(灌溉、施肥、耕作等)的影响越明显,反之,结构性因素(母质、气候、生物、地形等)的影响占主要地位<sup>[27]</sup>。由拟合结果可以看出,研究区各层土壤盐分和养分的空间分布均以人为影响为主导因素,其中

表 1 芳群农场土壤属性特征值统计

Table 1 Statistical feature values of soil properties in Fangqun farm

项目 Item	采样深度 Depth/cm	最小值 Minimum	最大值 Maximum	标准差 Std.	均值 Mean	变异系数 CV/%
总盐 Total soil salt /( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	0~30	0.28	29.13	4.89	5.61	87.17
	30~60	0.39	38.22	8.12	10.21	79.53
	60~100	0.73	46.58	9.10	12.73	71.48
有机质 Organic matter /( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	0~30	1.77	22.21	3.22	8.06	39.03
	30~60	1.76	13.21	3.05	6.62	46.07
	60~100	0.17	18.62	4.41	5.32	82.89
碱解氮 Alkali-hydro nitrogen /( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	0~30	9.00	71.00	13.12	27.00	48.59
	30~60	1.00	61.00	11.16	20.00	55.80
	60~100	1.00	62.00	12.23	18.00	67.94
有效磷 Available phosphorus /( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	0~30	1.30	25.30	4.72	7.70	61.30
	30~60	0.60	20.10	3.31	4.40	75.23
	60~100	0.20	16.90	2.50	3.30	75.76
有效钾 Available potassium /( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	0~30	107.00	920.00	145.80	333.00	43.78
	30~60	60.00	473.00	81.71	232.00	35.22
	60~100	37.00	472.00	77.13	184.00	41.92

表2 芳群农场土壤特性的空间变异理论模型及模型参数

Table 2 Spatial variability theoretical model and parameters of soil properties in Fangqun farm

项目 Item	采样深度 Depth/cm	理论模型 Models	块金值 Nugget ( $C_0$ )	基台值 Sill ( $C_0 + C$ )	$C_0/(C_0 + C)$ /%	变程 Range/m	决定系数 $R^2$
总盐 Total soil salt	0~30	指数 Expontential	5.33	31.72	16.8	1398	0.953
	30~60	指数 Expontential	2.90	68.43	4.2	480	0.991
	60~100	球状 Spherical	7.20	85.72	8.4	321	0.988
有机质 Organic	0~30	指数 Expontential	6.75	17.28	39.1	3582	0.912
	30~60	指数 Expontential	2.15	10.79	19.9	369	0.615
	60~100	球状 Spherical	2.40	34.80	6.9	924	0.991
碱解氮 Alkali-hydro nitrogen	0~30	指数 Expontential	5.10	173.60	2.9	558	0.874
	30~60	指数 Expontential	0.10	115.20	0.1	195	0.740
	60~100	指数 Expontential	0.60	131.00	0.5	276	0.906
有效磷 Available phosphorus	0~30	指数 Expontential	5.38	21.42	25.1	456	0.860
	30~60	指数 Expontential	0.19	9.65	2.0	276	0.930
	60~100	球状 Spherical	1.75	7.76	22.6	426	0.976
有效钾 Available potassium	0~30	指数 Expontential	910.00	20220.00	4.5	234	0.965
	30~60	指数 Expontential	3010.00	8209.00	36.7	888	0.952
	60~100	指数 Expontential	1870.00	8192.00	22.8	1008	0.922

碱解氮和盐分的空间分布受人为因素影响较为明显,有效钾的空间分布受人为影响较小。这与研究区土壤在开垦中主要以补充土壤养分及排盐有一定关系。由模型参数可知,研究区土壤盐分、有机质、碱解氮和有效磷在表层的变程均明显大于中下层,说明表层土壤养分和盐分的作用范围均大于中层和底层,而有效钾的变程则呈现由表层至底层逐渐增加的趋势,表层有效钾的作用范围低于中层和底层。

### 2.3 土壤特性空间变异分布图

利用研究区土壤属性的分析数据与相应的地统计学模型参数,借助 ARCGIS 9.3 软件进行 Kriging 插值分析<sup>[28]</sup>,得到研究区不同层次土壤养分及总盐含量的等值线分布图(见图2~图6)。

由图2~图6可以看出,对于表层土壤(0~30 cm),总盐和有效钾含量的高值区均出现在未开垦的荒地区域,而随着开垦年限的增加,土壤总盐与有效钾的含量都出现明显的下降。表层土壤盐分的空间分布特征主要是由于长时间的开垦耕种过程中不断地排盐、压盐使得开垦年限较长的地块盐分含量相对较低。钾素的分布特征主要是由于研究区钾素的本底值较高,农民耕种过程中几乎不施用钾肥。由土壤有效钾的空间分布图可以看出,开垦种植年限越久的耕地,有效钾的含量相对越低,随着开垦年限的增加土壤有效钾处于耗竭状态。表层土壤有机质、有效磷和碱解氮的含量在空间分布上表现出较为相似的特征,高值区基本上都分布在开垦年限为8a的地块。但是有机质、有效磷的低值区有一大部分分布在开垦年限为2a和6a的地块。造成这种

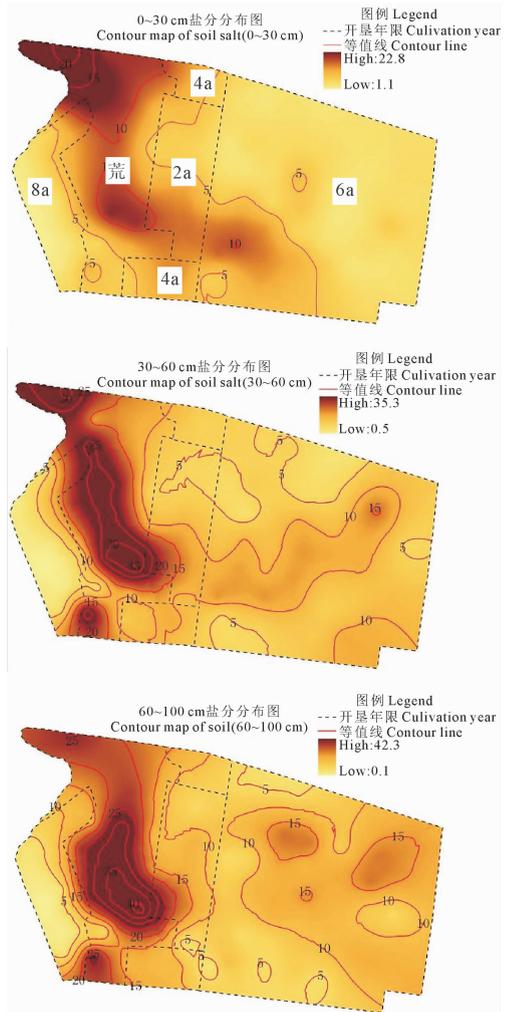


图2 方群农场土壤总盐含量等值线图

Fig.2 Contour map of soil total salt in Fangqun farm

分布特征的原因一方面可能是土壤盐分含量在这个区域出现了一定范围的高值,影响了土壤的肥力;另一方面,可能随着土地开垦、土壤呼吸作用加强,有机质快速分解,造成土壤养分迅速下降,致使开垦的前几年土壤养分含量相对较低。

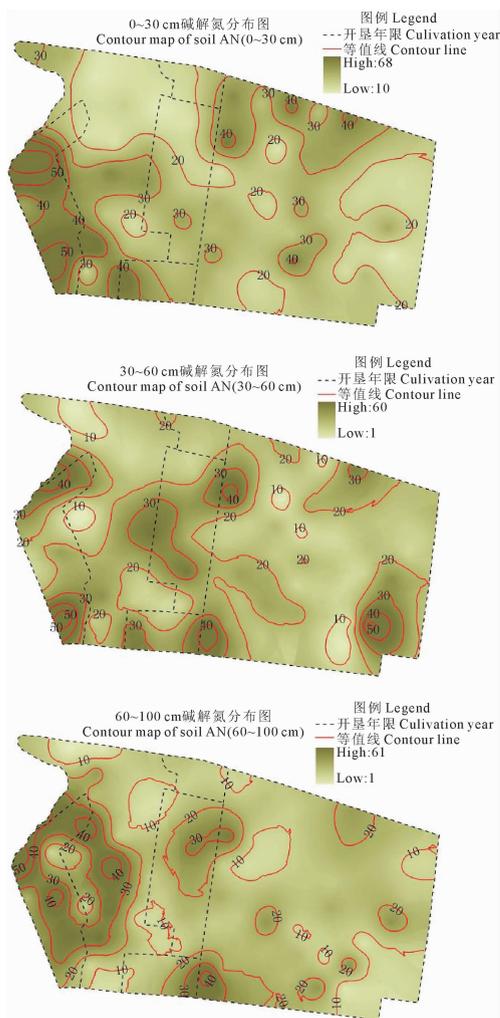


图 3 方群农场土壤碱解氮含量等值线图

Fig.3 Contour map of soil available N in Fangqun farm

对比土壤盐分及养分在不同深度的分布图可以看出:不同深度土壤盐分在空间上的整体分布趋势较为一致,只是在含量方面表现为底层 > 中层 > 表层,盐分在垂直方面表现为底聚现象,这主要是由于研究区土壤开垦后长期利用滴灌种植,压盐作用明显。土壤中有机质、有效钾和有效磷在垂直方向的分布趋势与盐分恰好相反,在含量上均表现为底层 < 中层 < 表层,整体表现为表聚现象,这主要是由于种植过程中的培肥过程主要发生在表层土壤所致。研究区大部分开垦年限的土壤碱解氮含量基本表现为底层 < 中层 < 表层,但在种植 8 a 的地块出现底层明显大于中层,这可能是随着开垦年限的增加,有

一部分氮肥随着滴灌过程被淋失到较深层土壤,无法被作物吸收利用。因此,对于部分开垦年限较长的土壤,要采取措施加强作物对肥料的利用效率。

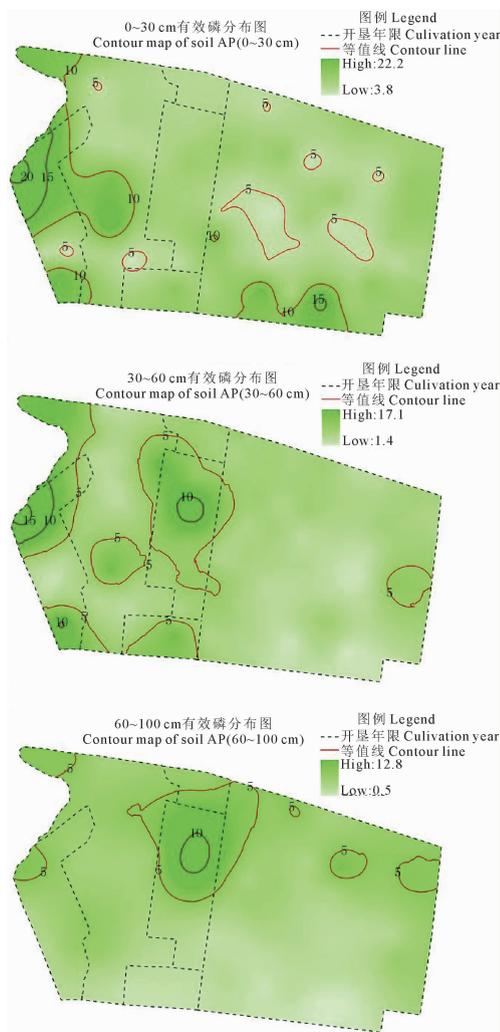


图 4 方群农场土壤有效磷含量等值线图

Fig.4 Contour map of soil available P in Fangqun farm

## 2.4 不同开垦年限土壤盐分及养分变异特征

采用时空替代法,将研究区内不同开垦年限的土壤养分和盐分进行比较,得到不同土地开垦年份对土壤养分和盐分含量的影响分布图(见图 7)。

由图 7 可以看出研究区土壤总盐和有效钾的含量都随开垦时间增加而减少;尤其是表层土壤有效钾含量随着开垦时间的增加呈迅速下降的趋势,中层和底层土壤有效钾含量在开垦初期相对稳定,开垦时间超过 6 a 后,才开始出现明显的下降趋势。

将研究区不同开垦时间耕地的土壤有机质含量相对比可知,0~30 cm 土壤有机质的含量在开垦初期(2a)有小幅度的下降,然后随着开垦年限的增加不断增高,开垦 8 a 的耕地有机质含量几乎是荒地的 2 倍;30~60 cm 和 60~100 cm 的土壤有机质含

量均在开垦 4 a 后达到最低值,然后开始呈现增长的趋势。

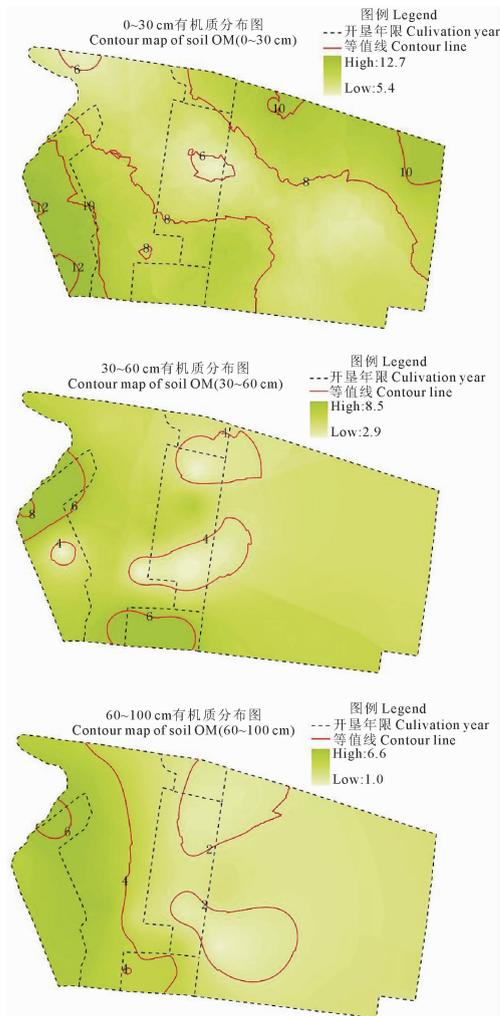


图5 方群农场土壤有机质含量等值线图

Fig.5 Contour map of soil organic matter in Fangqun farm

不同开垦时间土壤碱解氮含量的变化与有机质含量变化趋势基本一致,表层土壤碱解氮的含量在开垦初期(2 a)有小幅度的下降,然后随着开垦年限的增加不断增高,开垦 8 a 的耕地碱解氮含量是荒地时期的近 2.5 倍;中层和底层土壤碱解氮的含量也在开垦 4 a 时达到最低值,然后呈现出明显的增长。

研究区表层土壤有效磷的含量在开垦 4 a 后也同样达到最低值,然后呈现增加的趋势,在开垦 8 a 后达到最大值。但是,中层和底层的有效磷含量在开垦 2 a 后达到最高值,随后开始下降,在开垦 6 a 后又出现升高的趋势。

### 3 讨论

自然土壤一经垦殖后,其土壤养分及盐分均会

受到很大影响<sup>[29]</sup>,说明土壤开垦是影响土壤属性演变的一个重要因素<sup>[30]</sup>。同时,作为土壤属性的养分和盐分具有明显的时空变异特征<sup>[31-33]</sup>。在研究区,土壤养分和盐分在不同开垦年限耕地土壤上表现出一定的时空分布规律,尤其与开垦年限的长短有明显的关系,这与周传艳<sup>[18]</sup>等认为开垦时间长或短对土壤养分含量的影响未表现特殊规律性的结果不一致。造成这种差异的原因一方面可能是研究区域的不同所致,一方面可能与研究对象选择的开垦年限长短不同有关。

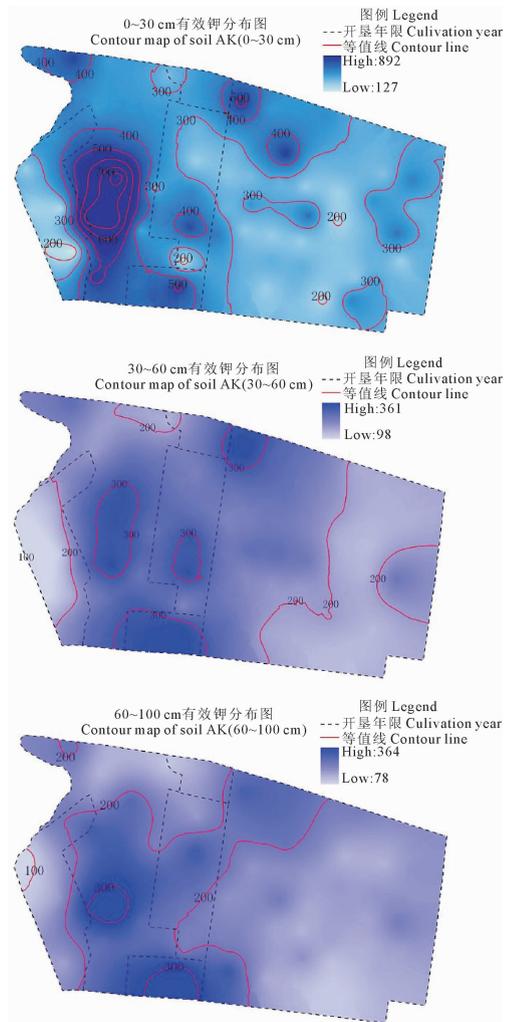


图6 方群农场土壤有效钾含量等值线图

Fig.6 Contour map of soil available K in Fangqun farm

由各层土壤有机质、碱解氮、有效磷的分布图可以发现,在荒地区域土壤有机质、碱解氮、有效磷均出现一定范围的高值区,这可能是由于荒地开垦种植后,土壤养分被作物吸收利用,而管理过程中又没有及时补肥,致使土壤养分快速下降;也可能是荒地开发后土壤呼吸作用加强,致使荒地土壤中少量有机质快速分解有关;此外,从研究区地形(南高

北低,东高西低)及荒地所处的位置来看,也有可能是在各开垦年限耕地在种植过程中,部分养分随水被

淋失到荒地区域,该区域由于无作物利用而积累下来,结果出现荒地出现一定范围的高值区。

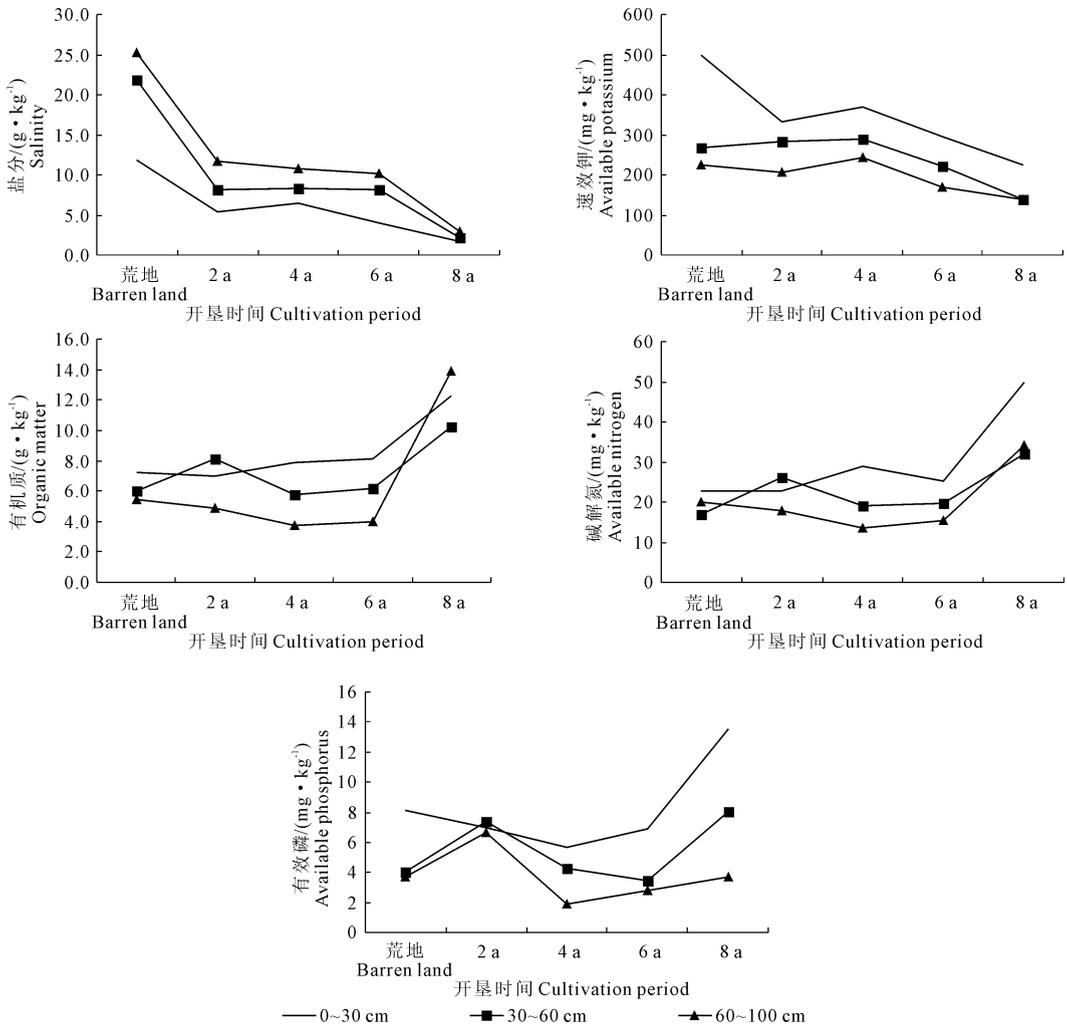


图 7 不同开垦时间对土壤养分和盐分含量的影响

Fig.7 Effect of different cultivation periods on soil nutrients and total salt

此外,本次研究所采用的克里格差值方法,具有一定的平滑效应,该效应会导致低值区域被过高估计而高值区域被过低估计<sup>[34]</sup>。可能致使分布图(图2)所反映的各个开垦年代养分、盐分分布特征的差异性与真实情况有一定差距。但是,地统计学和3S技术的运用,可以更加直观地表现出各个开垦年限及其不同层次土壤养分及盐分的分布状况,为农业生产在宏观上的决策提供有力的支撑。

研究结果显示,研究区土壤的主要养分在开垦4 a左右会出现一个低谷值,随后开始增加。这种养分暂时耗竭的现象是研究区局部地带性特征,还是干旱区农用地开发过程中必有的一个过程,在今后的研究中将有待验证。此外,在玛纳斯流域或者整个干旱区的大尺度上,农用地开发所带来的土壤养分变化规律是会被放大还是被忽视,也将是大尺度

上土壤养分变化可以研究的问题之一。

## 4 结 论

1) 研究区耕地开垦初期,耕地地力的主要限制因子是土壤盐分含量较高,这个时期应加强土壤的洗盐、排盐工作。开垦种植6 a至8 a后,土壤耕层盐分含量才可能处于一个相对较低的水平。

2) 土壤有机质、碱解氮在开垦种植的前两年会出现一个小幅度上升的趋势,而有效磷则在开垦初期就出现下降的趋势。这三种养分基本上在开垦4 a左右的时候会出现一个低谷值,然后随着开垦年限的增加而上升。研究区耕地土壤在开垦4 a左右的时候要重点关注土壤肥力培育,防止养分的损失。

3) 研究区的土壤有效钾含量虽然维持在一个较高的水平,但是,随着开垦年限的增加,呈现出不

断下降的趋势。土壤中有有效钾的含量处于耗竭的状态,在今后的开发中应该不断监测土壤中钾的含量变化,适时对开发时间较长的土壤补充钾肥。

#### 参考文献:

- [1] 田光进,庄大方,刘明亮.近10年中国耕地资源时空变化特征[J].地球科学进展,2003,18(1):30-36.
- [2] 杨劲松.中国盐渍土研究的发展历程与展望[J].土壤学报,2008,45(5):837-845.
- [3] 杨荣,苏永中,王敏,等.新垦沙地农田土壤有机碳时空变异特征[J].中国沙漠,2013,33(4):1078-1083.
- [4] 范自立,禹朴家,乔木,等.绿洲土地整合是增加耕地和保护生态的重要措施——以新疆玛纳斯河流域为例[J].干旱区地理,2012,35(5):772-777.
- [5] 乔木,周生斌,卢磊,等.近25a来塔里木盆地灌区土壤盐渍化时空变化特点与改良治理对策[J].干旱区地理,2011,34(4):604-613.
- [6] Wang H J, Sheng L X, Chen P. Study on influencing factors and control system of reversal evolution in Western Songnen Plain[J]. Journal of Northeast Normal University(Natural Science Edition), 2003, 25(3):60-65.
- [7] Liu J G, Diamond J. China's environment in a globalizing world[J]. Nature, 2005, 435(30):1179-1186.
- [8] 杨学涛,李品芳,侯振安,等.玛纳斯河流域不同地貌单元弃耕地土壤盐分差异研究[J].土壤学报,2012,49(6):1241-1246.
- [9] 石瑞香,杨小唤,王立新.伊犁新垦区土壤养分特征与土地开垦的方向探讨[J].资源科学,2009,31(12):2016-2023.
- [10] 周丽,王玉刚,李彦,等.盐碱荒地开垦年限对表层土壤盐分的影响[J].干旱区地理,2013,36(2):285-291.
- [11] 卢响军,武红旗,张丽,等.不同开垦年限土壤剖面盐分变化[J].水土保持学报,2011,26(6):229-232.
- [12] 曾希柏,黄雪夏,刘子刚,等.种植年限对三江平原农田土壤剖面性质及碳、氮含量的影响[J].中国农业科学,2006,39(6):1186-1195.
- [13] 王淑敏,汪景宽,李双异,等.“八五三”农场土壤开垦后有有机质及土壤速效养分变化的研究[J].土壤通报,2012,43(2):342-346.
- [14] 张国平,郭澎涛,王正银,等.紫色土丘陵地区农田土壤养分空间分布预测[J].农业工程学报,2013,29(6):113-120.
- [15] 崔贝,王纪华,杨武德,等.冬小麦-夏玉米轮作区土壤养分时空变化特征[J].中国农业科学,2013,46(12):2417-2482.
- [16] 冉启洋,贡璐,韩丽,等.塔里木河上游绿洲土壤表层盐分特征[J].中国沙漠,2013,33(4):1098-1103.
- [17] 姚荣江,杨劲松,韩建均.海涂围垦区土壤盐分空间变异模拟的比较研究[J].土壤学报,2012,49(2):275-281.
- [18] 周传艳,陈训,周国逸,等.不同土地利用方式及开垦时间对岩溶山区土壤养分空间分布的影响[J].应用与环境生物学报,2011,17(1):63-68.
- [19] 李义玲,乔木,杨小林,等.干旱区典型流域近30a土地利用/覆被变化和景观破碎化分析——以玛纳斯河流域为例[J].中国沙漠,2008,28(6):1050-1057.
- [20] 樊华,张凤华.新疆石河子绿洲耕地变化及驱动力研究[J].干旱区研究,2007,24(5):574-578.
- [21] 蔡文春,杨德刚.新疆耕地变化及驱动力分析[J].干旱区资源与环境,2006,20(2):144-149.
- [22] Gudmundsson T, Björnsson H, Thorvaldsson G. Organic carbon accumulation and pH changes in an *Andic Gleysol* under a long-term fertilizer experiment in Iceland[J]. Catena, 2004, 56:213-224.
- [23] Umali B P, Oliver D P, Forrester S, et al. The effect of terrain and management on the spatial variability of soil properties in an apple orchard[J]. Catena, 2012, 93:38-48.
- [24] Hattar B I, Taimeh A Y, Ziadat F M. Variation in soil chemical properties along top sequences in an arid region of the Levant[J]. Catena, 2010, 83(1):34-45.
- [25] 张风华,潘旭东,李玉义.新疆玛纳斯河流域绿洲农田开垦后土壤环境演变分析[J].中国农业科学,2006,39(2):331-336.
- [26] 张青青,徐海量,樊自立.北疆玛纳斯河流域人工绿洲演变过程及其特点[J].冰川冻土,2012,34(1):72-80.
- [27] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field-scale variability of soil properties in central low a soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58:1501-1511.
- [28] 赵业婷,常庆瑞,李志鹏,等.1983—2009年西安市郊区耕地土壤有机质空间特征与变化[J].农业工程学报,2013,29(2):132-140.
- [29] Jenkinson D S. The turnover of organic carbon and nitrogen in soil[J]. Philosophical Transactions of the Royal B-Biological Sciences, 1990, 329:361-368.
- [30] 李易麟,南忠仁.开垦对西北干旱区荒漠土壤养分含量及主要性质的影响[J].干旱区资源与环境,2008,22(10):147-151.
- [31] Croft H, Kuhn N J, Anderson K. On the use of remote sensing techniques for monitoring spatio-temporal soil organic carbon dynamics in agricultural systems[J]. Catena, 2012, 94:64-74.
- [32] Chen W P, Hou Z A, Wu L S. Evaluating salinity distribution in soil irrigated with saline water in arid regions of northwest China[J]. Agricultural Water Management, 2010, 97:2001-2008.
- [33] 武红旗,谷海斌,陈冰,等.土地开发对农田土壤养分和盐分变异特征的影响[J].土壤,2012,44(1):90-94.
- [34] Lark R M, Webster R. Geostatistical mapping of geomorphic variables in the presence of trend[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2006, 31:862-874.