

# 西安市蔬菜种植区土壤属性的空间变异与肥力适宜性

王晶<sup>1</sup>, 杨联安<sup>1</sup>, 杨煜岑<sup>1</sup>, 冯武焕<sup>2</sup>, 于世锋<sup>3</sup>, 宋英强<sup>1</sup>, 张彬<sup>1</sup>, 李新尧<sup>1</sup>

(1. 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127; 2. 西安市农业技术推广中心, 陕西 西安 7100613; 3. 西安市农产品质量安全检验监测中心, 陕西 西安 710077)

**摘要:** [目的] 对西安市蔬菜区土壤属性空间变异与肥力适宜性进行评价, 为相关部门土壤培肥和蔬菜种植提供决策依据。[方法] 选择与蔬菜生长密切相关的土壤 pH 值、电导率、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾六个指标, 利用半变异函数进行空间变异分析, 应用模糊综合法计算土壤肥力适宜性指数(SFI), 对 SFI 进行 Kriging 插值, 采用等间距法划分等级, 并对土壤肥力进行综合评价。[结果] 半变异函数能较好的拟合蔬菜区土壤空间变异特征, 人为施肥成为影响土壤电导率、碱解氮空间变异的主要因素, 土壤 pH 值和其他养分则同时受到结构性因素和随机性因素的作用。[结论] 西安市蔬菜区土壤肥力适宜性处于中等较好水平, 限制蔬菜生长的主要因素是土壤有机质和碱解氮含量。临潼区东南部, 鄠邑区、周至县北部地区以及长安区和鄠邑区北部交界处蔬菜区土壤肥力有待提高, 菜农需要采取措施提高土壤有机质含量和补施氮肥。

**关键词:** 土壤肥力适宜性; 空间变异; 模糊数学; 蔬菜区

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)03-0204-06

**中图分类号:** S158.2

**文献参数:** 王晶, 杨联安, 杨煜岑, 等. 西安市蔬菜种植区土壤属性的空间变异与肥力适宜性[J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 204-209. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.034; Wang Jing, Yang Lianan, Yang Yucen, et al. Spatial variation and fertility suitability of vegetable field in Xi'an City[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(3): 204-209. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.03.034

## Spatial Variation and Fertility Suitability of Vegetable Field in Xi'an City

WANG Jing<sup>1</sup>, YANG Lianan<sup>1</sup>, YANG Yucen<sup>1</sup>, FENG Wuhuan<sup>2</sup>,  
YU Shifeng<sup>3</sup>, SONG Yingqiang<sup>1</sup>, ZHANG Bin<sup>1</sup>, LI Xinyao<sup>1</sup>

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi

710127, China; 2. Xi'an Agricultural Technology Extension Center, Xian, Shaanxi 710066, China;

3. Xian Agricultural Product Quality Safety Inspection and Monitoring Center, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

**Abstract:** [Objective] To evaluate the spatial variation and fertility suitability of vegetable field in Xi'an City, Shaanxi Province, in order to provide a basis for making decision of soil cultivation and agricultural production in relevant departments. [Methods] Six indexes that are closely related to vegetable growth including soil pH value, electrical conductivity, organic matter, alkali-hydrolysable nitrogen, available phosphorus and available potassium, were measured. Their spatial variability was analyzed using semi-variation function. And the soil fertility suitability was determined using fuzzy mathematics method. The soil fertility suitability was graded by equal spacing method after Kriging interpolation was conducted, and finally it was evaluated comprehensively. [Results] The semi-variogram could fit the spatial variability of soil in the vegetable field. The spatial distributions of the conductivity and alkali-hydrolysable nitrogen were mainly affected by the fertilization, and the soil pH value and other nutrient were affected by both anthropogenic and natural factors. [Conclusion] The soil fertility suitability of vegetable field in Xi'an City was at middle level, and the main limiting factors of vegetable growth were soil organic matter and alkali-hydrolysable nitrogen content. There

收稿日期: 2017-01-30

修回日期: 2017-02-27

资助项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目“基于地统计学和 GIS 的土壤网格采样技术研究”(10YJA910010); 陕西省农业科技攻关项目(2011K02-11); 西安市科技计划项目(NC1402, NC150201); 西北大学“211 工程”研究生自主创新项目(YZZ15013)

第一作者: 王晶(1992—), 女(汉族), 内蒙古乌海市人, 硕士研究生, 研究方向为农业资源利用。E-mail: wangjingxdch@163.com。

通讯作者: 杨联安(1968—), 男(汉族), 陕西省武功县人, 博士, 副教授, 主要从事地理信息系统开发与应用研究。E-mail: yanglianana@163.com。

are some areas where the soil fertility of vegetable field should be improved. These areas are the south-eastern of the Lintong District, the northern of the Hui District and the Zhouzhi County, the northern part next to Chang'an District and the Hui District. To the vegetable farmer, measures that can improve the contents of soil organic matter and nitrogen should be taken.

**Keywords:** soil fertility suitability; spatial variability; fuzzy mathematics; vegetable field

蔬菜产业是西安市种植业中最具竞争力的优势产业之一,对地方财政增长、农业增效、农民增收具有重要的现实意义。近年来,西安市大力推进蔬菜板块建设和蔬菜产业带建设,有力地推动了蔬菜产业快速发展。截止2014年底,西安市蔬菜播种面积达 $6.61 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,年产蔬菜 $299 \times 10^4 \text{ t}^{[1]}$ 。同时,蔬菜质量与安全越来越引起人们重视,为了获得优质、高产的蔬菜产品,就必须正确认识土壤肥力在蔬菜区环境中的重要意义。土壤肥力是蔬菜区土壤质量重要指标,是土壤的基本属性和本质特征的反映,是土壤从营养条件与环境条件方面供应与协调作物生长能力。因此,通过开展蔬菜区土壤质量调查与综合评价研究,对高效利用土地资源,提高土壤生产力,提升土壤养分合理管理水平具有重要意义。

农业土壤属性空间变异研究主要集中于土壤属性空间分布特征与影响因素、土壤属性空间变异特征及其综合评价<sup>[2]</sup>、土壤重金属污染分析<sup>[3]</sup>以及耕地土壤地力综合评价<sup>[4]</sup>等,但对于蔬菜集中区(蔬菜区)土壤研究较少,并且未与土壤肥力结合起来。前人<sup>[4-5]</sup>研究发现导致土壤属性空间变异的因素包括地形、土壤母质、土壤类型、土壤质地等,种植类型、人为耕作管理措施等。土壤肥力定量综合评价中常采用指数和法<sup>[6]</sup>、模糊综合评价法<sup>[7]</sup>、层次分析法的物元模型<sup>[8]</sup>、修正的内梅罗法等<sup>[9]</sup>。本文选用模糊数学评价法,并与地统计学相结合,对西安市蔬菜区土壤pH值、电导率、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾6个指标进行土壤肥力适宜性综合评价,旨在为西安市蔬菜区土壤养分管理和合理施肥决策提供科学依据。

## 1 研究材料与数据采集

### 1.1 研究区概况

西安市位于黄河流域中部关中盆地,东经 $107^{\circ}40' - 109^{\circ}49'$ 和北纬 $33^{\circ}42' - 34^{\circ}45'$ 之间。辖境东西长约204 km,南北宽约116 km,面积 $10\,108 \text{ km}^2$ ,年平均气温 $13.0 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 13.7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 $522.4 \sim 719.5 \text{ mm}$ ,由北向南递增。7月、9月为两个明显降水高峰月,年日照时数 $1\,646.1 \sim 2\,114.9 \text{ h}$ 。蔬菜区主要分布于该市东北部和中部,东北部蔬菜区包括灞桥区、高陵区、临潼区、阎良区部分村镇,中部蔬菜区包括长安区、鄠邑区、周至县部分村镇。

### 1.2 土壤样品采集与分析

以西安市蔬菜区作为试验样区,为了提高估值精度,充分考虑不同土壤类型和地形特点,力求均匀布设采样点。采样点分布于灞桥区、高陵区、临潼区、阎良区、长安区、鄠邑区、周至县的菜田,并于2014年11月进行土壤样品采集,所有样点采集遵循“等量”、“随机”、“多点混合”的原则,利用全球定位系统(GPS)对采样点定位,记录其经纬度位置,以“S”型或锯齿形随机采样,以深度0—20 cm土层取10个样点混合成1 kg土样,共采取土样369份。将土壤样品自然风干、过筛后,参照《土壤分析技术规范》中相关方法进行了测定,土壤pH值采用玻璃电极法测定,电导率则通过电导法测定,采用重铬酸钾容量法(油浴加热)测定有机质,采用碱解扩散法测定碱解氮,采用 $0.5 \text{ mol/L}$ 碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定有效磷,采用乙酸铵提取—火焰光度法测定速效钾<sup>[10]</sup>。土壤质地、种植方式、种植年限等由西安市农业技术推广中心提供。

## 2 研究方法

### 2.1 数据处理方法

采用GS+和SPSS软件对研究区土壤pH、电导率、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾空间变异进行研究。利用3倍标准差法筛选异常值,用最大、最小值替换异常值。由于空间变异分析的前提是:数据必须符合正态分布,否则会出现比例效应<sup>[11]</sup>。因此进行正态分布检验,并对非正态分布的变量进行转换以满足正态分布。利用SPSS18.0软件对数据进行正态分布检验和描述性统计分析;GS+软件分析蔬菜区各土壤养分空间变异函数、进行模型拟合;分析土壤养分空间变异特征。半变异函数模型在决定系数( $R^2$ )接近1,残差(RSS)尽可能小的原则选取最优模型。建立各指标隶属度函数,基于主成分分析计算不同指标权重值,采用模糊数学方法计算土壤肥力适宜性评价指数(soil fertility suitability index, SFI),利用ArcGIS10.3软件和地统计模块Kriging插值,得出土壤肥力适宜性空间分布。

### 2.2 评价指标的隶属度函数构建

隶属度函数 $F_{(c)}$ 是模糊数学中的一个概念,是一

个值域在 0~1 之间的函数,表示论域  $u$  中的元素  $x$  隶属与  $u$  的模糊子集  $A$  的程度。 $F(x)$  越接近 1,表示  $x$  属于  $A$  的可能性越大。将隶属度函数运用到土壤肥力的研究中,旨在判断土壤养分所属等级。土壤养分隶属度函数越接近于 1,表明土壤养分状况越好<sup>[12]</sup>。

### 2.3 蔬菜区土壤肥力适宜性分析

蔬菜区土壤肥力适宜性采用模糊数学隶属函数的数学模型进行评价。考虑到研究区土壤形成特点以及蔬菜生产性质,选择土壤 pH 值、电导率、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾作为评价因子,并采用主成分分析法确定各因子权重。依据模糊数学原理构建蔬菜区土壤属性和土壤养分指标的隶属函数,计算各土壤属性和各土壤养分指标的隶属度,再利用加成法计算研究区蔬菜区土壤肥力适宜性评价指数 ( $I_{SF}$ ),计算公式为:

$$I_{SF} = \sum_{j=1}^m W_{ij} N_{ij} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (1)$$

表 1 蔬菜区土壤指标含量统计性描述

土壤指标	个数	均值	标准差	极小值	极大值	变异系数/%	偏度	峰度	分布类型
pH 值	369	8.12	0.39	6.95	8.87	4.76	-1.33	1.39	正态分布
电导率	369	216.16	183.74	11.90	961.22	117.65	0.22	-0.38	对数分布
有机质	369	18.08	5.86	6.90	39.10	32.44	0.87	1.23	正态分布
碱解氮	369	74.46	21.31	22.00	129.00	28.62	0.15	-0.09	正态分布
有效磷	369	80.02	68.48	9.80	469.30	85.58	0.08	-0.05	对数分布
速效钾	369	225.87	91.99	31.00	578.00	40.73	0.45	0.34	正态分布

变异系数是指数据空间变异的大小,变异系数越大,说明它在空间上分布不均匀,受到外界影响程度越高,也就是说随机性越强。一般认为,当变异系数  $\leq 10\%$  时,为弱变异; $10\% <$  变异系数  $< 100\%$  时,表示中等变异;变异系数  $\geq 100\%$  时,表示强变异。由表 1 可知电导率变异系数达到强变异,说明蔬菜区土壤电导率分布不均匀是由人为因素造成的。有机质、碱解氮、有效磷、速效钾都属于中等变异,且变异系数由低到高依次为碱解氮、有机质、速效钾、有效磷,其中

式中: $N_{ij}$  和  $W_{ij}$ ——第  $i$  个土壤样品的第  $j$  个土壤属性或土壤养分指标的隶属度和相应的权重系数。 $I_{SF}$  取值范围为 0~1,其值越高,表明土壤肥力对蔬菜的生长和品质的贡献率越高。

## 3 结果与分析

### 3.1 蔬菜区土壤属性基本特征

利用 SPSS 软件对经异常值处理的蔬菜区土壤属性数据进行描述性统计和正态分布检验,统计结果见表 1。表明蔬菜区土壤 pH 值、土壤有机质、碱解氮、速效钾原数据符合正态分布。对电导率、有效磷进行了对数转换,并对转换后的数据进行正态检验,电导率、有效磷满足对数分布。参考全国第二次土壤普查土壤养分分级标准,研究区蔬菜区土壤有机质含量属于中等偏低水平,碱解氮含量处于中等水平,大部分采样点有效磷、速效钾含量丰富。

有效磷含量丰富且变异系数大,表明该养分含量与施用磷肥量有关。而蔬菜区土壤 pH 值变异系数只有 4.76%,表明土壤酸碱性主要受到成土母质等自然因素的作用。

### 3.2 蔬菜区土壤属性空间变异分析

采用 GS<sup>+</sup> 7.0 软件对满足正态分布的采样点数据进行半变异函数模型拟合,通过调节不同模型参数对比模型的拟合度和残差<sup>[13]</sup>,得到各土壤养分半变异函数理论模型及参数(如表 2 所示)。

表 2 蔬菜区土壤指标理论模型及参数

土壤属性	理论模型	块金值	基台值	块金效应/%	变程/km	决定系数	残差
pH 值	Gaussian	1.30E-03	4.10E-03	68.30	26.40	0.63	4.70E-06
电导率	Gaussian	0.34	1.44	76.40	156.58	0.76	0.06
有机质	Exponential	24.74	53.80	54.00	3.81	0.70	154.00
碱解氮	Exponential	53.00	457.00	88.40	3.12	0.31	12 747.00
有效磷	Exponential	0.31	0.63	50.10	19.05	0.74	0.03
速效钾	Spherical	43 040.00	9 150.00	52.60	23.10	0.83	4 694 727.00

块金值表示土壤特性受人为干扰随机性因素引起的变异,这四种土壤养分的块金值都大于零说明在

采样的过程中存在人为因素引起的随机变异,可能存在于采集或者土壤养分测定过程中。基台值表示土

壤特性的总变异,包括结构性变异和随机性变异。块金效应即块金值与基台值的比值,用它来反应土壤养分的空间依赖性,块金效应值越高说明随机因素是导致土壤养分空间变异的主要因素<sup>[5]</sup>。pH 值、有机质、有效磷、速效钾的块金效应都介于 25%~75%之间,属于中等变异,说明引起土壤 pH、有机质、有效磷、速效钾空间变异的主导因素为结构性因素,比如土壤母质性质、气候、地形等,而电导率、碱解氮的块金效应分别达 76.4%和 88.4%,蔬菜区土壤电导率和碱解氮主要受随机因素影响,表明该地区蔬菜养分的空间变异主要与菜农的种植制度和土壤培肥有关。变程表示的是土壤养分特性空间自相关范围<sup>[14]</sup>,表 2 反映电导率的变程距离较大,说明电导率空间变异以大块变异为主,而其他属性的变程较小,空间变异以小块变异为主。

### 3.3 蔬菜区土壤肥力适宜性评价

3.3.1 评价指标的选取与权重确定 选取评价土壤肥力适宜性指标应遵循主导性、系统性、独立性、空间变异性和指标体系区域性等原则。根据前人研究结果和蔬菜区土壤属性、养分分布特点,选取对蔬菜生长发育影响较大的 pH 值、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾作为评价指标,采用模糊综合评价法确定土壤肥力适宜性。主成分分析法实现了定性分析和定量分析相结合,解决了评价模型中确定权重的问题。因此,采用主成分分析法来确定权重<sup>[15]</sup>,采用统计软件 SPSS 进行分析,得出各个指标主成分的特征值和贡献率,通过 SPSS 计算各个公因子方差占公因子方差总和的百分率作为单项评价指标的权重(表 3)。其值的大小表示该项肥力指标对土壤肥力总体变异的贡献。由表 3 可知:pH 值的权重最低,这主要是由于研究区土壤受自然因素的作用较大,pH 值属于偏碱性土壤,变化较小,而且其本身对植物生长不起直接作用,主要通过酸碱性来调节植物对其他养分的吸收。除 pH 值之外,其他指标权重都介于 0.1~0.3 之间。

表 3 蔬菜区土壤评价指标的特征值、贡献率和权重

指标	特征值	贡献率	累计贡献率	公因子方差	权重
pH 值	2.055	34.249	34.249	0.145	0.044
电导率	1.226	20.433	54.682	0.722	0.220
有机质	0.977	16.292	70.973	0.730	0.223
碱解氮	0.727	12.119	83.092	0.602	0.184
有效磷	0.530	8.836	91.928	0.640	0.184
速效钾	0.484	8.072	100.000	0.441	0.134

3.3.2 评价指标的隶属函数构建及转折点取值 计算不同评价指标的隶属度值,首先要建立各评价指标之间相应的隶属度函数来表示各评价指标的状态值,同时实现评价指标量纲归一化,使评价指标间具有可比性。由于土壤因子变化具有连续性,故各评价指标采用连续性质的隶属度函数。结合王建国等<sup>[16]</sup>提出的模糊数学土壤肥力综合评价模型,并根据研究区实际情况,采用以下 3 种隶属度函数。pH 值符合抛物线型,电导率为降半梯型,有机质、碱解氮、有效磷、速效钾为 S 型,为了方便计算,将曲线函数转换为折线函数。

(1) 抛物线型。蔬菜区土壤 pH 值隶属度函数属于抛物线型,该函数表示评价指标对蔬菜生长呈现出抛物线的变化关系,其隶属函数解析式为:

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & (x < x_1 \text{ 或 } x > x_4) \\ 0.1 + 0.9(x - x_1)/(x_2 - x_1) & (x_1 \leq x \leq x_2) \\ 1 & (x_2 < x < x_3) \\ 1.0 - 0.9(x - x_3)/(x_4 - x_3) & (x_3 \leq x \leq x_4) \end{cases} \quad (2)$$

(2) 降半梯型。这种函数表示在一定范围内评价指标的指标值与蔬菜生长成负相关关系,而低于或者高于此评价范围评价因素指标值的变化对蔬菜生长影响很小。

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & (x < x_1) \\ 1.0 - 0.9(x - x_1)/(x_2 - x_1) & (x_1 \leq x \leq x_2) \\ 0.1 & (x_2 < x < x_3) \end{cases} \quad (3)$$

(3) S 型。这种函数表示在一定范围内评价指标与蔬菜生长成正相关关系,低于或超过此范围,指标变化对土壤生产力影响很小。

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & (x < x_1) \\ 0.1 + 0.9(x - x_1)/(x_2 - x_1) & (x_1 \leq x \leq x_2) \\ 1.0 & (x > x_2) \end{cases} \quad (4)$$

结合蔬菜地土壤属性含量实际情况和专家经验,分别确定各指标隶属度函数曲线转折点取值(表 4)<sup>[4]</sup>。

表 4 蔬菜区土壤评价指标的隶属度函数及函数转折点取值

指标	函数类型	拐点值			
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
pH 值	抛物线型	6	7.5	8.5	9
电导率	倒梯型	350	750		
有机质	S 型	8	35		
碱解氮		30	120		
有效磷		15	90		
速效钾		125	250		

3.3.3 土壤属性单因子适宜性评价 依据隶属度函数计算蔬菜区各指标平均隶属度,并分别与权重值相

乘得单因子适宜性(表 5)。平均隶属度指某一指标对于蔬菜生长的平均优劣度,平均隶属度越高,说明该指标在土壤中的状态越好,蔬菜越适宜该环境。由表 5 可知,平均隶属度由高到底依次为:pH 值>电导率>速效钾>有效磷>碱解氮>有机质。有机质和碱解氮平均隶属度都低于 0.6,说明限制蔬菜生长的主要因素就是土壤有机质和碱解氮含量,这与土壤养分丰缺统计结果一致。隶属度高的指标不一定对土壤肥力的贡献最大,要同时考虑该因子在土壤肥力中的权重值。单因子肥力适宜性综合隶属度与权重,可分析各因子对综合肥力的贡献率。单因子适宜性得分越高,表明其对蔬菜生长贡献率越高。由此可得,6 个指标值贡献率由高到低依次为:电导率>有效磷>碱解氮>有机质>速效钾>pH 值。pH 值、有机质和速效钾对土壤肥力的贡献值都低于 0.1,pH 值对土壤肥力的贡献值较低是受到其权重值得制约,pH 值平均隶属度指最好,表明菜田土壤 pH 值对蔬菜生长具有积极影响。速效钾对土壤肥力的贡献率较低的原因是速效钾含量已经达到丰富水平,因此,建议菜农可以减少钾肥的施用,甚至当季可以不施钾肥。

表 5 蔬菜区评价指标隶属度平均值及单因子适宜性

指标	隶属度平均值	平均隶属度排序	权重	单因子适宜性	贡献率排序
pH 值	0.977	1	0.044	0.043	6
电导率	0.933	2	0.220	0.205	1
有机质	0.434	6	0.223	0.097	4
碱解氮	0.544	5	0.184	0.100	3
有效磷	0.644	4	0.195	0.126	2
速效钾	0.672	3	0.134	0.090	5

3.3.4 土壤肥力适宜性综合评价 土壤肥力适宜性受到各指标的共同影响,某采样点土壤单因子适宜性值高并不能表示该地综合肥力值也高,综合肥力值可能受到其他因子影响而有所降低。利用公式(1)和计算得到的蔬菜区各指标权重、隶属度计算得蔬菜区土壤肥力适宜性评价指数( $I_{SF}$ ), $I_{SF}$ 取值范围为 0~1,值越大,表明土壤肥力水平越高。结果表明蔬菜区 SFI 最小值为 0.36,最大值为 0.95,平均值为 0.65,标准差为 0.12,变异系数为 18.43%。

表 6 为西安市蔬菜区土壤养分适宜性指数的半变异函数拟合模型。依据半变异函数特征值表明蔬菜区土壤适宜性属于中等变异程度,且自变异距离较小。

表 6 土壤肥力适宜性理论模型及参数

指标	理论模型	块金值	基台值	块金效应/%	变程/km	决定系数	残差
$I_{SF}$	Exponential	0.006	0.014	59.400	14.100	0.581	1.79E-05

利用 ArcGIS 10.3 软件基于如上土壤肥力适宜性半变异模型,采用普通克里金插值方法<sup>[17]</sup>,可以分析西安市蔬菜区土壤肥力适宜性空间分布格局,如图 1 所示。经过插值的蔬菜区土壤肥力适宜性平滑掉小部分的样点,依据等间距法将蔬菜区土壤肥力适宜性进行分级统计,结果如表 7 所示。

表 7 土壤肥力适宜性各等级面积比例统计

等级	SFI 范围	面积比/%
五级	0.49~0.55	6.36
四级	0.56~0.61	19.59
三级	0.62~0.67	37.53
二级	0.68~0.73	33.37
一级	0.74~0.80	3.14

由表 7 可知,西安市蔬菜区 SFI 等级占面积比由大到小依次是:三级 37.53%,二级 33.37%,四级 19.59%,五级 6.36%,一级 3.14%。总体上说西安市蔬菜区肥力适宜性处于中等较好水平。图 1 表明西安市蔬菜区  $I_{SF}$  分布情况:长安区西北角、东南角,以及临潼区中东部分布有少量  $I_{SF}$  一级土壤; $I_{SF}$  二级土壤主要分布于阎良区和临潼区交界处、高陵区中西部、长安区西部; $I_{SF}$  处于三级以下的土壤主要分布于临潼区东南部、鄠邑区、周至县北部地区以及长安区与鄠邑区北部交界处;其他广阔地区土壤都处于  $I_{SF}$  三级水平。 $I_{SF}$  三级以下地区应重视蔬菜区土壤培肥。

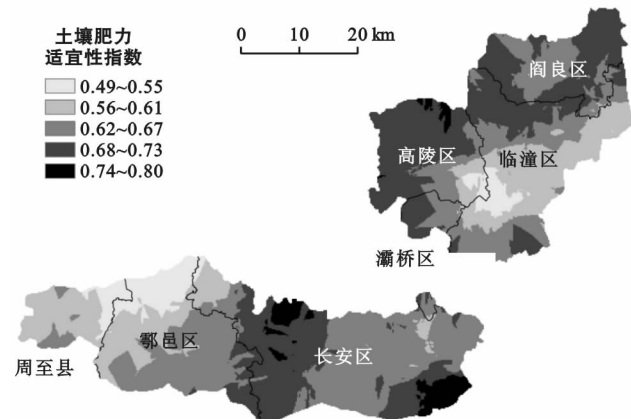


图 1 蔬菜区土壤肥力适宜性分布

西安市蔬菜区  $I_{SF}$  一、二级土壤各项指标状况均处于良好水平,虽然阎良区、高陵区蔬菜种植年限较长,土壤自身肥力降低,但多采用温室大棚的种植方式,水热条件好,菜农施肥比较合理,因此土壤肥力适宜性好。而长安区蔬菜种植年限较短,且土壤质地为粉砂质黏壤土,有利于土壤有机质积累,土壤自身肥力条件较好,虽多为露地种植,但总体土壤肥力适应性较好。西安市蔬菜区  $I_{SF}$  四、五级土壤与一、二级土壤相比,土壤有机质含量差异不大,相比差异较大的是有效磷和速效钾含量,平均值含量相差 100 mg/kg,因此,虽然整体上西安市蔬菜区有效磷、速效钾含量丰富,但是各地分布不均匀,对于  $I_{SF}$  四级、五级地区仍然要补施磷肥和钾肥。临潼区、鄠邑区北部  $I_{SF}$  较低的土壤质地为壤土和中壤、沙壤,不利于土壤有机质积累,种植年限较长,土壤自身肥力较差,加上露地种植,所以土壤肥力适宜性较差。

## 4 结论

(1) 土壤电导率、碱解氮受到随机性因素影响较大,人为施肥成为影响其空间变异的主要因素。pH 值、有机质、有效磷、速效钾空间变异同时受到结构性因素(土壤母质、地形、气候等自然因素)和随机性因素共同作用。

(2) 西安市蔬菜区土壤肥力适宜性处于中等较好水平,呈中等变异程度。临潼区的东南部,鄠邑区、周至县的北部地区以及长安区和鄠邑区北部交界处蔬菜区土壤肥力有待提高,应根据土壤肥力适宜性进行精准施肥决策,提高肥料利用率。

(3) 西安市蔬菜区土壤肥力适宜性主要限制性因素是土壤有机质和碱解氮含量,西安市菜农存在氮肥表施、施肥盲目的问题。因此,菜农应重视土壤有机质含量的提升、积极制定蔬菜“补氮”措施,提升土壤肥力,保障蔬菜区蔬菜的品质,继续发挥西安市蔬菜产业优势。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 陈琳. 西安蔬菜产销发展现状的调查和思考[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(11): 105-107.

- [2] 张彬, 杨联安, 杨粉莉, 等. 礼泉县苹果园土壤养分空间变异特征及综合评价[J]. 土壤通报, 2016, 47(4): 860-867.
- [3] 李雪芳, 王文岩, 上官宇先, 等. 西安市郊菜地土壤重金属污染及其与蔬菜重金属质量分数的相关性[J]. 西北农业学报, 2014, 23(8): 173-181.
- [4] 易秀, 谷晓静, 侯燕卿, 等. 陕西省泾惠渠灌区土壤肥力质量综合评价[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(2): 132-137.
- [5] 胡艳霞, 周连第, 魏长山, 等. 水源保护地土壤养分空间变异特征及其影响因素分析[J]. 土壤通报, 2013, 44(5): 1184-1191.
- [6] 赵明松, 张甘霖, 王德彩, 等. 徐淮黄泛平原土壤有机质空间变异特征及主控因素分析[J]. 土壤学报, 2013, 50(1): 1-11.
- [7] 王军艳, 张凤荣, 王茹, 等. 应用指数和法对潮土农田土壤肥力变化的评价研究[J]. 生态与农村环境学报, 2001, 17(3): 13-16.
- [8] 刘东海, 梁国庆, 周卫, 等. 基于神经网络的土壤肥力综合评价[J]. 中国土壤与肥料, 2011, (5): 12-19.
- [9] 赵串串, 安若兰, 赵巧玉, 等. 物元模型在玉树地区林地土壤养分评价中的应用[J]. 土壤, 2014, 46(6): 984-988.
- [10] 赵映翠, 耿增超, 陈金海, 等. 宜君县核桃经济林地土壤养分调查与评价[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 85-86.
- [11] 赵华富, 周国兰, 刘晓霞, 等. 贵州茶区土壤养分状况综合评价[J]. 中国土壤与肥料, 2012(3): 30-34.
- [12] 史舟, 李艳. 地统计学在土壤学中的应用[M]: 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [13] 付同刚, 张伟, 陈洪松, 等. 喀斯特峰丛洼地土壤综合肥力的空间分异特征及其影响因素[J]. 土壤通报, 2013, 44(2): 385-391.
- [14] 王军, 傅伯杰, 邱扬, 等. 黄土丘陵小流域土壤水分的时空变异特征: 半变异函数[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 428-438.
- [15] 赵明松, 张甘霖, 吴运金, 等. 江苏省土壤有机质含量时空变异特征及驱动力研究[J]. 土壤学报, 2014, 51(3): 448-458.
- [16] 王建国, 杨林章, 单艳红. 模糊数学在土壤质量评价中的应用研究[J]. 土壤学报, 2001, 38(2): 176-183.
- [17] 张彬, 杨联安, 杨粉莉, 等. 苹果主产区土壤养分空间分布特征及其影响因素[J]. 土壤, 2016, 48(4): 777-784.