

## 不同耕作方式对农田夏玉米土壤微生物的影响

刘水 (青海省生产力促进中心有限公司, 青海西宁 810008)

**摘要** [目的]研究不同耕作方式对夏玉米农田土壤肥力和土壤微生物活动的影响,有利于农业生产的可持续发展。[方法]采用基质诱导呼吸法和 CO<sub>2</sub> 释放量法,对秸秆还田处理下不同耕作方式(深松耕、免耕和常规耕作)对夏玉米农田土壤微生物活性、土壤理化性质和土壤呼吸速率的影响进行研究。[结果]深松耕、免耕和常规耕作明显增加了 0~10 cm 土层土壤微生物生物量碳和微生物活性,土壤表现出“上富下贫”的现象;在苗期和开花期土壤呼吸速率增加,在灌浆期和收获期土壤呼吸速率降低,深松耕和免耕比常规耕作能显著降低土壤呼吸;深松耕和免耕方式可以增加土壤含水量和黏粒含量。[结论]该研究为建立西北旱区夏玉米农田合理高效的耕作方式提供科学依据。

**关键词** 耕作方式;夏玉米;土壤;微生物

**中图分类号** S154.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)34-0091-03

## Effects of Different Tillage Methods on Soil Microbes in Farmland Summer Maize

LIU Shui (Qinghai Productivity Promotion Center Limited Company, Xining, Qinghai 810008)

**Abstract** [Objective] To explore the effects of different farming methods on soil fertility and soil microbial activities in summer maize, which was conducive to the sustainable development of agricultural production. [Method] The effects of different tillage methods (deep pine tillage, no-tillage and conventional tillage) on soil microbial activity, soil physical and chemical properties and soil respiration rate in summer maize field were studied by matrix-induced respiration and CO<sub>2</sub> emission. [Result] Deep pine tillage, no-tillage and conventional tillage significantly increased the soil microbial biomass carbon and microbial activity in 0-10 cm soil layer, and the soil showed the phenomenon of “rich and poor”. The rate of soil respiration increased during seedling and flowering, and the rate of soil respiration decreased during grain filling and harvesting. Deep pine tillage and no-tillage significantly reduced soil respiration compared with conventional tillage; deep pine tillage and no-tillage methods could increase soil water content and increase soil clay content. [Conclusion] The study can provide scientific basis for establishing efficient summer maize farming in northwest arid area.

**Key words** Tillage method; Summer maize; Soil; Microbes

我国西北旱作农田面积为 7 391 万 hm<sup>2</sup>, 约占耕地总面积的 57%<sup>[1]</sup>。土壤肥力的降低导致土壤可持续生产能力降低<sup>[2]</sup>。西北黄土高原地区一般采用铧式犁作为耕具对农田进行常规翻耕, 加大了土壤的裸露面积, 导致土壤侵蚀进一步加剧<sup>[3]</sup>。不同耕作方式能够影响土壤中微生物活动, 改变土壤的理化性质。李玉洁等<sup>[4]</sup>研究表明, 旱作麦田长期不合理的耕作会导致土壤含水量下降和影响土壤微生物活动。Lienhard 等<sup>[5]</sup>研究表明, 秸秆还田能够改良土壤的物理化学性质, 增加微生物群落的多样性和稳定性。目前关于秸秆还田免耕与常规耕作结合对土壤微生物活动的影响研究较多, 而对深松耕、免耕和常规耕作结合下的研究较少<sup>[6-7]</sup>。笔者研究了秸秆还田下深松耕、免耕和常规耕作 3 种耕作方式对夏玉米农田微生物生物量碳、微生物活性、土壤理化性质和土壤呼吸速率的影响, 从微生物调控方面解释不同耕作方式对夏玉米微生物活性等方面的影响, 进而为西北旱区农田合理高效的耕作制度提供科学依据。

## 1 材料与方 法

**1.1 研究区概况** 研究区位于陕西省神木县六道沟流域, 是黄土高原典型的水蚀风蚀交错带(110°21'~110°23'E, 38°46'~48°51'N)。该流域既属于黄土高原向毛乌素沙漠过渡、森林草原向典型干旱草原过渡地带, 又属于流水作用的黄土丘陵区向干燥剥蚀作用的鄂尔多斯高原过渡的水蚀风蚀交错带, 是典型的水蚀风蚀交错带生态环境脆弱区。其地形特点为典型的盖沙黄土丘陵区, 属中温带半干旱气候, 冬春季干

旱少雨, 多风沙, 夏秋多雨, 且多暴雨及冰雹, 流域面积为 6.89 km<sup>2</sup>, 流域海拔为 1 094.0~1 273.9 m, 年均降水量 437.4 mm, 且 6—9 月降水量占全年的 80.93%, 主要土壤类型为绵沙土。

**1.2 研究方法** 该试验为长期定位试验, 于 2017 年进行, 试验设 3 种耕作方式: 秸秆还田深松耕(DPT)、秸秆还田免耕(NT)和秸秆还田常规耕作(PT)。试验设 3 个重复, 3 个小区, 每个小区面积 225 m<sup>2</sup>(15 m×15 m)。种植制度为夏玉米一年一熟, 供试品种为郑单 958, 于 2017 年 5 月播种, 密度为 66 600 株/hm<sup>2</sup>, 于 10 月收获。其中, 夏玉米基施氮 200 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg/hm<sup>2</sup> 和 K<sub>2</sub>O 150 kg/hm<sup>2</sup>。

2017 年 6—10 月夏玉米苗期、开花期、灌浆期和收获期采集样品, 用土钻分别取 0~10 和 10~20 cm 土层土壤样品, 每个耕作方式采用“S”形随机采取 5 个点, 混合均匀后代表样方土壤样品, 样品过 2 mm 筛以去除土壤可见的杂质, 并将样品保存在 4 ℃ 冰箱, 待测定结束。

**1.3 测定项目与方法** 土壤微生物生物量碳采用底物诱导呼吸法。取 5 g 鲜土盛于 280 mL 试剂瓶中, 加入 30 mg 葡萄糖粉末和 0.025 g 滑石粉在 22 ℃ 培养 2 h 测定 CO<sub>2</sub> 呼吸量, 然后根据 CO<sub>2</sub> 释放速率与微生物生物量碳之间的关系求出土壤微生物生物量碳<sup>[8-9]</sup>。

土壤微生物活性采用 CO<sub>2</sub> 释放量法。取 5 g 鲜土盛于 280 mL 试剂瓶中, 在 22 ℃ 条件下培养 24 h, 测定 CO<sub>2</sub> 呼吸量。

CO<sub>2</sub> 的产生量采用 ADC Bio.Scientific Ltd 生产的便携式红外线分析仪测定, 土壤均以干土计算。

**作者简介** 刘水(1985—), 女, 湖南郴州人, 助理研究员, 硕士, 从事土壤肥管理与植物营养理论研究。

**收稿日期** 2018-07-09

土壤理化性质测定参照 Wang 等<sup>[10]</sup>、Zhao 等<sup>[11]</sup> 和 Berthrong 等<sup>[12]</sup> 的方法。土壤含水量采用烘干法测定。土壤粉粒、黏粒和砂粒采用激光粒度仪测定。土壤铵态氮采用靛酚蓝比色法测定；硝态氮采用紫外分光光度法测定,以上几种测定方法均参照《土壤分析技术规范》测定<sup>[13]</sup>。

**1.4 数据处理** 试验数据采用 SPSS 18.0 进行处理, Origin 8.0 绘图。

## 2 结果与分析

**2.1 不同耕作方式对夏玉米农田土壤微生物生物量碳的影响** 从图 1 可以看出,不同耕作方式下微生物生物量碳先增大后减小,且在开花期达到最大。不同耕作方式下 0~10 cm 土层土壤微生物生物量碳均大于 10~20 cm 土层。

0~10 cm 土层在不同耕作方式下,苗期常规耕作方式下土壤微生物生物量碳高于深松耕和免耕处理,但无显著差异

( $P>0.05$ )。在开花期、灌浆期深松耕和免耕方式下土壤微生物生物量碳显著高于常规耕作( $P<0.05$ ),表现为深松耕>免耕>常规耕作。在收获期,免耕显著大于深松耕和常规耕作,且深松耕和常规耕作间无显著差异( $P>0.05$ )。夏玉米整个生育期不同耕作方式下土壤微生物生物量碳表现为深松耕>免耕>常规耕作,秸秆还田耕作方式能显著提高土壤微生物生物量碳。

10~20 cm 土层在不同耕作方式下,常规耕作大于深松耕和免耕,且无显著差异( $P>0.05$ )。由此可知,秸秆还田耕作方式主要在 0~10 cm 土层对微生物生物量碳起作用。

研究表明,在 0~10 cm 土层,秸秆还田能显著提高夏玉米农田土壤微生物生物量碳。而在 10~20 cm 土层无显著增加,土壤发生明显的“上富下贫”现象。这与 Balota 等<sup>[14]</sup> 的研究结果一致。

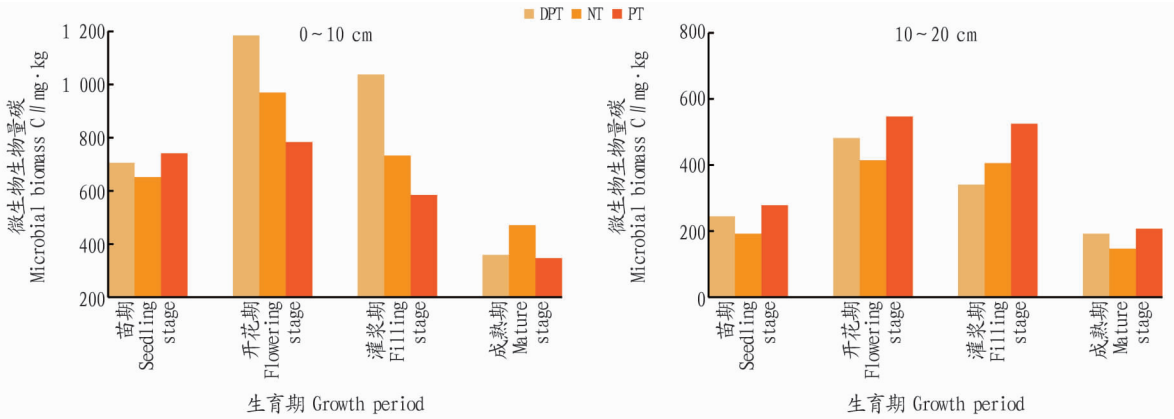


图 1 不同耕作方式下土壤微生物生物量碳

Fig.1 Soil microbial biomass carbon in different tillage methods

**2.2 不同耕作方式对夏玉米农田土壤微生物活性的影响** 从图 2 可以看出,夏玉米从苗期到开花期土壤微生物活性呈降低趋势,从开花期到灌浆期呈增加趋势,灌浆期到收获期呈下降趋势,不同耕作方式下苗期微生物活性最大。不同耕作方式下,0~10 cm 土层土壤微生物活性高于 10~20 cm 土层土壤微生物活性。

0~10 cm 土层,深松耕和免耕方式土壤微生物活性显著高于常规耕作方式( $P>0.05$ ),深松耕和免耕方式较常规耕作方式增加 65%和 45%。在夏玉米整个生育期内,不同耕作方式下土壤微生物活性表现为深松耕>免耕>常规耕作,秸秆还田能够明显增加土壤微生物活性,表现在可以较好地调节养分功能。

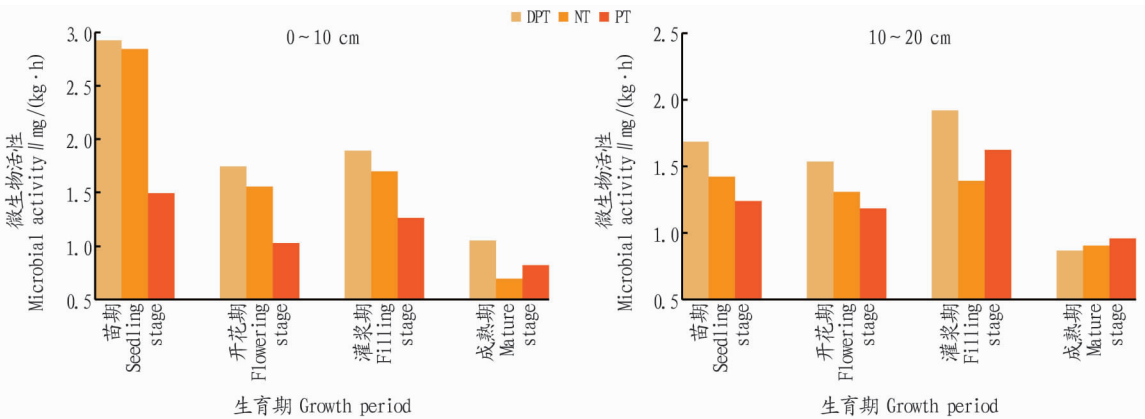


图 2 不同耕作方式下土壤微生物活性

Fig.2 Soil microbial activity in different tillage methods

10~20 cm 土层,深松耕方式下,在开花期和灌浆期土壤微生物活性显著高于常规耕作方式和免耕方式( $P<0.05$ ),常

规耕作方式和免耕方式差异不显著( $P>0.05$ )。夏玉米整个生育期内,不同耕作方式下土壤微生物活性表现为深松耕>

常规耕作>免耕方式,表明深松耕可以明显改善0~20 cm 土层土壤微生物活性,但免耕方式仅提高0~10 cm 土层土壤微生物活性。

研究表明,在0~10 cm 土层,秸秆还田能显著提高夏玉米田土壤微生物活性。而在10~20 cm 土层无显著增加,土壤发生明显的“上富下贫”现象,这与孔凡磊等<sup>[15]</sup>的研究结果一致。

**2.3 不同耕作方式对夏玉米农田土壤理化性质的影响** 从图3可以看出,不同耕作方式下,免耕土壤黏粒含量显著高于深松耕和常规耕作( $P<0.05$ ),深松耕和常规耕作差异不显著( $P>0.05$ )。常规耕作土壤的粉粒含量大于深松耕和免耕方式,深松耕大于免耕,且3种耕作方式间差异显著( $P<0.05$ )。免耕方式土壤的砂粒含量显著大于深松耕和常规耕作( $P<0.05$ ),深松耕和常规耕作方式无显著差异( $P>0.05$ )。免耕方式土壤含水量大于深松耕和常规耕作,深松耕大于常规耕作,且3种耕作方式间土壤含水量差异显著( $P<0.05$ )。

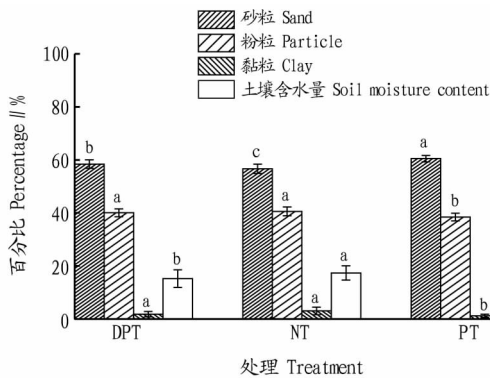


图3 不同耕作方式下土壤物理性质

Fig.3 Soil physical properties in different tillage methods

从图4可以看出,不同耕作方式下,深松耕土壤的可溶性氮含量最高,且显著大于常规耕作和免耕方式( $P<0.05$ ),深松耕土壤硝态氮含量最高,显著高于常规耕作和免耕方式( $P<0.05$ )。免耕方式土壤铵态氮含量最高,显著大于深松耕和常规耕作( $P<0.05$ )。

研究表明,不同耕作方式可以影响土壤理化性质,深松耕和免耕方式可以增加土壤含水量,增加土壤的黏粒含量,

这与李友军等<sup>[16]</sup>研究结果一致。秸秆还田耕作方式减少了对土壤的扰动,有利于土壤形成良好的结构,提高土壤的孔隙连通度,较传统耕作具有更好的储水和抗侵蚀能力<sup>[17]</sup>。

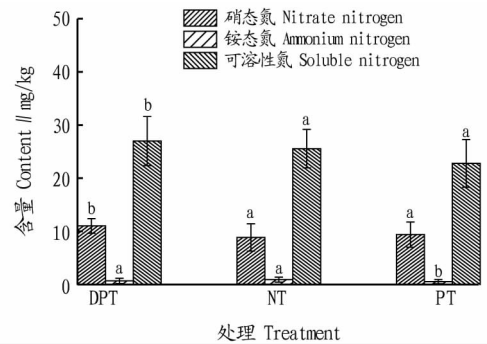


图4 不同耕作方式下土壤化学性质

Fig.4 Soil chemical properties in different tillage methods

**2.4 不同耕作方式对夏玉米农田土壤呼吸速率的影响** 从表1可以看出,夏玉米整个生育期内,不同耕作方式下0~10 cm 土层土壤呼吸速率均大于10~20 cm 土层土壤呼吸速率,且不同耕作方式下10~20 cm 土层无显著差异( $P>0.05$ )。

0~10 cm 土层,不同耕作方式下,苗期免耕方式下的土壤呼吸速率显著小于常规耕作方式( $P<0.05$ )。开花期深松耕和免耕方式下的土壤呼吸速率显著小于常规耕作方式下的土壤呼吸速率( $P<0.05$ )。灌浆期和收获期深松耕和免耕方式下的土壤呼吸速率显著小于常规耕作方式下的呼吸速率( $P<0.05$ )。

10~20 cm 土层,不同耕作方式下,免耕方式的土壤呼吸速率显著小于常规耕作和深松耕方式( $P<0.05$ )。总体而言,在夏玉米整个生育期内,不同耕作方式下,0~20 cm 土层土壤呼吸速率表现为常规耕作>深松耕>免耕方式。

研究表明,在0~20 cm 土层,夏玉米生育期内深松耕和免耕方式均能降低土壤呼吸,这与前人的研究结果一致<sup>[18]</sup>。原因可能是在免耕方式下土壤紧实度高,与空气接触面积相对较小,导致土壤呼吸较弱,而常规耕作对耕作层破坏较大,使得土壤的温度和水分变化较为明显,导致土壤的呼吸速率较高<sup>[19]</sup>。

表1 不同耕作方式下土壤呼吸速率

Table 1 Soil respiration in different tillage methods

土层 Layer/cm	处理 Treatment	生育期 Growth stage				平均 Mean
		苗期 Seedling stage	开花期 Anthesis	灌浆期 Filling stage	收获期 Harvest stage	
0~10	DPT	5.66±0.15 a	2.49±0.13 b	3.09±0.17 b	1.45±0.13 b	3.17
	NT	4.23±0.14 c	2.04±0.15 c	2.85±0.18 c	1.47±0.15 b	2.65
	PT	5.53±0.13 a	3.11±0.16 a	3.44±0.25 a	1.93±0.15 a	3.51
10~20	DPT	3.45±0.15 a	1.19±0.17 a	1.93±0.12 a	1.28±0.11 a	1.96
	NT	2.96±0.18 b	0.66±0.13 b	1.23±0.11 b	0.78±0.12 b	1.41
	PT	2.25±0.15 a	1.03±0.14 a	1.91±0.13 a	1.32±0.20 a	1.63

注:同列不同小写字母表示同一土层不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different letters in the same column meant significant differences between different treatments at 0.05 level

### 3 结论

深松耕、免耕和常规耕作方式能够明显增加夏玉米生育期内0~10 cm 土层土壤微生物生物量碳和微生物活性,土壤

表现出“上富下贫”的现象。深松耕和免耕方式可以增加土壤含水量,增加土壤黏粒含量,有利于提高土壤的抗侵蚀能  
(下转第110页)

(3) 研究区土壤轻微、中等、强、极强潜在生态风险程度的比例分别为 81.44%、15.41%、2.56% 和 0.59%。整体上处于轻微和中等程度的潜在生态风险程度。Cd 和 Hg 是造成局部区域潜在生态风险等级较高的主要影响因素。

(4) Cd 是导致研究区土壤污染的主要元素,对研究区内梅罗综合指数和综合潜在生态风险指数的贡献较大,同时 As 和 Ni 的单项污染指数较大,Hg 的潜在生态风险较大,这些元素在该区域土地开发利用过程中需重点关注。

#### 参考文献

- [1] 雷国建,陈志良,刘千钧,等.广州郊区土壤重金属污染程度及潜在生态危害评价[J].中国环境科学,2013,33(S1):49-53.
- [2] 王茜,张光辉,田言亮,等.农田表层土壤中重金属潜在生态风险效应研究[J].水文地质工程地质,2017,44(4):165-172.
- [3] 张兆永,吉力力·阿不都外力,姜逢清,等.艾比湖流域农田土壤重金属的环境风险及化学形态研究[J].地理科学,2015,35(9):1198-1206.
- [4] 杨奇勇,谢运球,罗为群,等.基于地统计学的土壤重金属分布与污染风险评价[J].农业机械学报,2017,48(12):248-254.
- [5] 郭笑笑,刘从强,朱兆洲,等.土壤重金属污染评价方法[J].生态学杂志,2011,30(5):889-896.
- [6] 王玉军,吴同亮,周东美,等.农田土壤重金属污染评价研究进展[J].农业环境科学学报,2017,36(12):2365-2378.
- [7] 吴洋,杨军,周小勇,等.广西都安县耕地土壤重金属污染风险评价[J].环境科学,2015,36(8):2964-2971.
- [8] 虞敏达,张慧,何小松,等.典型农业活动区土壤重金属污染特征及生态风险评价[J].环境工程学报,2016,10(3):1500-1507.
- [9] 何东明,王晓飞,陈丽君,等.基于地累积指数法和潜在生态风险指数法评价广西某蔗田土壤重金属污染[J].农业资源与环境学报,2014,31(2):126-131.
- [10] 陈卫平,杨阳,谢天,等.中国农田土壤重金属污染防治挑战与对策

(上接第 93 页)

力。深松耕和免耕方式均能降低夏玉米生育期内土壤呼吸,能够较好地改善土壤生态因子。

#### 参考文献

- [1] 王立祥,王龙昌.中国旱区农业[M].南京:江苏科技出版社,2009:1-10.
- [2] 于法稳.西北地区生态贫困问题研究[J].中国软科学,2004(11):27-30,56.
- [3] 严廷桂.西北地区保护性耕作技术的重要性[J].经济研究导刊,2011(16):22-23.
- [4] 李玉洁,王慧,赵建宁,等.耕作方式对农田土壤理化因子和生物学特性的影响[J].应用生态学报,2015,26(3):939-948.
- [5] LIENHARD P, TERRAT S, PREVOST-BOURE N, et al. Pyrosequencing evidences the impact of cropping on soil bacterial and fungal diversity in Laos tropical grassland [J]. Agronomy for sustainable development, 2014, 34(2):525-533.
- [6] 魏燕华,赵鑫,翟云龙,等.耕作方式对华北农田土壤固碳效应的影响[J].农业工程学报,2013,29(17):87-95.
- [7] 陈学文,王农,时秀焕,等.基于最小限制水分范围评价不同耕作方式对土壤有机碳的影响[J].生态学报,2013,33(9):2676-2683.
- [8] 高云超,朱文珊,陈文新.秸秆覆盖免耕土壤细菌和真菌生物量与活性的研究[J].生态学杂志,2001,20(2):30-36.
- [9] 孙凯,刘娟,凌婉婷.土壤微生物量测定方法及其利弊分析[J].土壤通报,2013,44(4):1010-1016.

- [J].土壤学报,2018,55(2):261-272.
- [11] 豆长明,徐德聪,周晓铁,等.铜陵矿区周边土壤-蔬菜系统中重金属的转移特征[J].农业环境科学学报,2014,33(5):920-927.
- [12] 尹国庆,江宏,王强,等.安徽省典型区农用地土壤重金属污染成因及特征分析[J].农业环境科学学报,2018,37(1):96-104.
- [13] 魏复盛,杨国治,蒋德珍,等.中国土壤元素背景值基本统计量及其特征[J].中国环境监测,1991,7(1):1-6.
- [14] 陈兴仁,陈富荣,贾十军,等.安徽省江淮流域土壤地球化学基准值与背景值研究[J].中国地质,2012,39(2):302-310.
- [15] 汪庆华,董岩翔,周国华,等.浙江省土壤地球化学基准值与环境背景值[J].生态与农村环境学报,2007,23(2):81-88.
- [16] 国家环境保护局.土壤环境质量标准:GB 15618—1995[S].北京:中国标准出版社,1997.
- [17] 宁翠萍,李国琛,王颜红,等.细河流域农田土壤重金属污染评价及来源解析[J].农业环境科学学报,2017,36(3):487-495.
- [18] 刘文清,甘柯,邢宇鑫,等.潮白河流域土壤重金属生态风险评价方法研究[J].城市地质,2016,11(2):14-19.
- [19] 李一蒙,马建华,刘德新,等.开封城市土壤重金属污染及潜在生态风险评价[J].环境科学,2015,36(3):1037-1044.
- [20] 刘巍,杨建军,汪君,等.准东煤田露天矿区土壤重金属污染现状评价及来源分析[J].环境科学,2016,37(5):1938-1945.
- [21] 王爽,李荣华,张增强,等.陕西潼关农田土壤及农作物重金属污染及潜在风险[J].中国环境科学,2014,34(9):2313-2320.
- [22] 胡碧峰.基于地统计学与 GIS 的区域土壤重金属污染评价与不确定性分析[D].杭州:浙江大学,2017.
- [23] 易治伍,王灵,钱翌,等.乌鲁木齐市农田土壤重金属含量及评价[J].干旱区资源与环境,2009,23(2):150-154.
- [24] 王小莉,陈志凡,魏张东,等.开封市城乡交错区农田土壤重金属污染及潜在生态风险评价[J].环境化学,2018,37(3):513-522.
- [25] 麦麦提吐尔逊·艾则孜,阿吉古丽·木木提,艾尼瓦尔·买买提,等.博斯腾湖流域绿洲农田土壤重金属污染及潜在生态风险评价[J].地理学报,2017,72(9):1680-1694.

- [10] WANG Z T, LIU L, CHEN Q, et al. Conservation tillage increases soil bacterial diversity in the dryland of northern China [J]. Agronomy for sustainable development, 2016, 36(2):28-36.
- [11] ZHAO J, ZHANG R F, XUE C, et al. Pyrosequencing reveals contrasting soil bacterial diversity and community structure of two main winter wheat cropping systems in China [J]. Microbial ecology, 2014, 67(2):443-453.
- [12] BERTHRONG S T, BUCKLEY D H, DRINKWATER L E. Agricultural management and labile carbon additions affect soil microbial community structure and interact with carbon and nitrogen cycling [J]. Microbial ecology, 2013, 66(1):158-170.
- [13] 全国农业技术推广服务中心.土壤分析技术规范[M].2版.北京:中国农业出版社,2006.
- [14] BALOTA E L, COLOZZI A, ANDRADE D S, et al. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol [J]. Soil and tillage research, 2004, 77(1):137-145.
- [15] 孔凡磊,张明园,范士超,等.耕作方式对长期免耕农田土壤微生物量碳的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(2):240-245.
- [16] 李友军,黄明,吴金芝,等.不同耕作方式对豫西旱区坡耕地水肥利用与流失的影响[J].水土保持学报,2006,20(2):42-45,101.
- [17] 夏鹏亮,刘映红,樊俊,等.烟蚜在烤烟田分布动态的地统计学分析[J].应用生态学报,2015,26(2):548-554.
- [18] 李晓莎,武宁,刘玲,等.不同秸秆还田和耕作方式对夏玉米农田土壤呼吸及微生物活性的影响[J].应用生态学报,2015,26(6):1765-1771.
- [19] 张宇,张海林,陈继康,等.耕作措施对华北农田 CO<sub>2</sub> 排放影响及水热关系分析[J].农业工程学报,2009,25(4):47-53.

## 科技论文写作规范——题名

以最恰当、最简明的词句反映论文、报告中的最重要的特定内容,题名应避免使用不常见的缩略语、首字母缩写词、字符、代号和公式等。一般字数不超过 20 字。英文与中文应相吻合。英文题名词首字母大写,连词及冠词除外。