

韩丛丛, 杨 阳, 刘秉儒, 等. 围封年限对荒漠草原土壤有机碳、全氮、全磷与微生物量碳、氮等的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(16): 260-263. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.16.063

# 围封年限对荒漠草原土壤有机碳、全氮、全磷与微生物量碳、氮等的影响

韩丛丛<sup>1</sup>, 杨 阳<sup>1</sup>, 刘秉儒<sup>1</sup>, 谢应忠<sup>1,2</sup>, 王利娟<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

**摘要:**以宁夏境内荒漠草原为研究对象, 通过对比分析未围封与围封 5、8、12、15 年样地土壤有机碳、全氮、全磷含量以及土壤微生物量碳、氮含量与土壤酶活性的变化过程与规律, 分析荒漠草原不同围封年限对土壤与土壤微生物的影响。结果表明, 荒漠草原采取围封措施以后, 土壤的有机碳含量、全氮含量和全磷含量均高于未围封样地, 且随着围封时间的变化表现出相似的变化规律, 即围封 12 年时含量最高, 之后含量出现降低的趋势。0~10 cm 和 10~20 cm 土层中, 土壤碳氮比(C/N)与碳磷比(C/P)规律相同, 均表现为先减小后增大。土壤氮磷比(N/P)则在各层土壤中表现出与土壤 C/N 值、C/P 值相似的变化趋势。土壤微生物量碳和微生物量氮含量均高于未围封样地。由结果可知, 在荒漠草原采取围封措施可以促进土壤微生物的活动, 从而提高微生物量。同时, 土壤微生物量 C/N 值随围封时间的延长先增大后减小。

**关键词:**土壤; 微生物; 有机碳; 全氮; 全磷

**中图分类号:** S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)16-0260-04

荒漠草原是草原中的一种重要草地类型, 其分布范围十分广泛, 再加上特殊生境的影响和作用<sup>[1-2]</sup>, 随着时间的推移, 逐渐形成一类具有旱生性特征的草地类型<sup>[3-4]</sup>。在自然和人为因素的影响下, 该区域植被稀疏、植被组成成分简单、生态环境脆弱, 抗干扰能力有限<sup>[5]</sup>, 历来是生态学者、环境学者研究与关注的热点。

20 世纪 80 年代以来, 随着人口增加、经济驱动下放牧压力增大, 过牧和草原退化成为威胁我国荒漠草原和各类草地生态系统稳定与可持续利用的重大问题<sup>[6]</sup>, 封育禁牧作为重要的生态恢复措施, 所带来的生态效应已逐渐成为恢复生态研究的焦点。在其积极的影响下, 草地遭受外界的干扰逐渐减少, 植被特征得到改善, 土壤中的各种元素成分逐渐积累, 草地朝向有利的方面发展。正是由于避免了人类和动物的影响, 围栏封育对系统的恢复发挥着至关重要的作用, 因此

围封是个不断恢复与改善的过程<sup>[7-11]</sup>, 呈现出持久性、有效性等特点。相关报道中指出, 采取围封手段可通过影响土壤容重、含水量、土壤中的各种养分<sup>[12-14]</sup>以及植物生产力<sup>[15-16]</sup>缓解草原退化压力。本研究通过对比分析荒漠草原未围封与围封 5、8、12、15 年样地土壤有机碳、全氮、全磷含量以及土壤微生物量碳(C)、氮(N)含量与土壤酶活性的变化过程与规律, 分析荒漠草原不同围封年限对土壤与土壤微生物的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区选在宁夏回族自治区东部的盐池县(地理坐标为 106°30'~107°41'E, 37°04'~38°10'N)。全县总面积为 7 130 km<sup>2</sup>, 呈现出黄土高原—鄂尔多斯台地的过渡性。由于本身的过渡性导致盐池县生态系统呈现出一定的脆弱性, 该地地形地貌呈现出一定的复杂性。由于本身地理位置的特殊性, 导致盐池县呈现出大陆性的气候特征, 具有以下特点: 干旱、降水不足、光照时间长、蒸发强、多风、沙尘活动较多; 年平均降水 250~350 mm, 春季降水相对不多, 在东南向西北方向上呈递减趋势; 全年盛行西风和西北风, 春季较为频繁, 因此, 大风盛行导致气候具有干燥性, 促进了荒漠化的进程; 年均气温 8.4℃, 昼夜温差大。此外, 盐池县的土壤类型多样, 其中,

收稿日期: 2016-04-07

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31660168)。

作者简介: 韩丛丛(1991—), 女, 山东邹平人, 硕士研究生, 主要从事植被和恢复生态学研究。E-mail: ml8795214667@163.com。

通信作者: 刘秉儒, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事植被和恢复生态学研究。E-mail: bingru.liu@163.com。

[15] 左太安, 刁承泰, 苏维词, 等. 毕节试验区石漠化时空演变过程和演变特征[J]. 生态学报, 2014, 34(23): 7067-7077.

[16] 朱守谦. 喀斯特森林生态研究[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1993.

[17] 吴琼, 原忠虎, 王晓宁. 基于偏最小二乘回归分析综述[J]. 沈阳大学学报, 2007, 19(2): 33-35.

[18] 吴开亚, 王玲杰. 生态足迹及其影响因子的偏最小二乘回归模型与应用[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 182-188.

[19] 李 生. 典型喀斯特石漠化环境特征及土壤水分对造林树种的影响[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2008.

[20] 刘 方, 王世杰, 罗海波, 等. 喀斯特森林生态系统的小生境及其土壤异质性[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1055-1062.

[21] 刘 方, 王世杰, 刘元生, 等. 喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 639-644.

[22] 杨富裕, 张蕴薇, 苗彦军. 藏北高寒退化草地植被恢复过程的障碍因子初探[J]. 水土保持通报, 2003, 23(4): 17-20.

黑垆土与风沙土所占比例较大。盐池县种质资源丰富,包括禾本科、豆科、菊科等不同科植物,荒漠草原区常见植物有短花针茅(*Stipa breviflora*)、苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)等。

## 1.2 取样方法

本试验于2014年8月底至9月初,在宁夏回族自治区盐池县选取未围封与围封5、8、12、15年荒漠草原草地类型作为本试验研究样地。在各样地内按“S”形选取5个样点,分别采集不同土层(0~10、10~20、20~30 cm)的土壤装入自封袋,一部分用于土壤有机碳、全氮(TN)、全磷(TP)含量的测定,另一部分用于土壤微生物量碳、氮含量的测定;同时用环刀采集各层土样装入铝盒内以测定土壤容重。

## 1.3 测定方法

土壤有机碳含量采用的是重铬酸钾容量法(外加加热法)<sup>[17]</sup>;土壤全氮含量采用的是凯氏定氮法<sup>[17]</sup>,使用的仪器为半自动凯氏定氮仪;土壤全磷含量采用的是钼锑抗比色法<sup>[17]</sup>;测定土壤微生物量碳、氮含量的方法有多种,以三氯甲烷熏蒸浸提法<sup>[18]</sup>最常见。

## 1.4 数据处理与分析

用Excel和DPS进行数据处理,绘图用Excel完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 围封年限对土壤有机碳、全氮和全磷等的影响

**2.1.1 不同围封年限土壤有机碳的含量** 不同围封年限的土壤有机碳含量随土层增加而增加,且随围封年限增加呈先升后降的趋势,围封12年时测定值最高(图1)。0~10、10~20、20~30 cm土层,围封5年的有机碳含量无显著变化;0~10、10~20、20~30 cm土层,围封草地土壤有机碳含量均高于未围封草地,其中围封12、15年的有机碳含量显著高于未围封样地。在0~10 cm土层中,围封5、8、12、15年的有机碳含量分别较未围封草地提高了1.24%、6.01%、39.58%、29.42%;在10~20 cm土层中,围封5、8、12、15年的有机碳含量分别较未围封草地提高了23.83%、26.09%、31.78%、14.39%;在20~30 cm土层中,围封5、8、12、15年的有机碳含量分别较未围封草地提高了8.55%、30.64%、134.84%、28.31%。

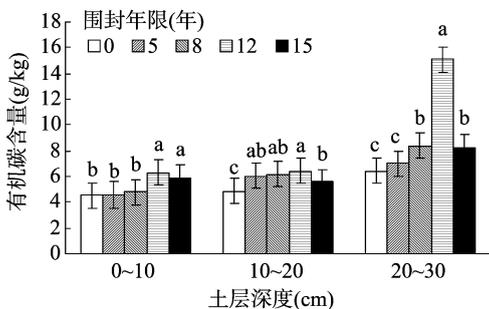


图1 不同围封年限样地各层土壤有机碳含量  
同一土层不同小写字母表示不同围封年限样地差异显著( $P < 0.05$ ),下同

图1 不同围封年限样地各层土壤有机碳含量

从试验结果中可知,荒漠草原围封后,土壤有机碳含量均高于未围封草地。这是由于在放牧过程中,家畜的啃食与践踏使植物初级生产固定的碳积累量降低,导致有机碳输入土壤的能力下降,从而进一步影响有机碳的含量,而围封在一定

程度上避免了家畜活动,碳源不断积累。因此,围封草地土壤有机碳含量与未围封草地产生差异。

**2.1.2 不同围封年限土壤全氮的含量** 土壤全氮含量呈现有机碳含量相似的趋势,即随土层的增加而增加,且随围封年限的增加先升高后降低(图2)。0~10、10~20 cm土层,围封5年的全氮含量显著高于未围封样地,0~10 cm土层,土壤全氮含量大小顺序为围封12年>8年>15年>5年>0年;10~20 cm土层,围封12年的土壤全氮含量显著高于未围封与围封5、8、12、15年样地,土壤全氮含量大小顺序为围封12年>8年>5年>15年>0年;20~30 cm土层,围封8、12、15年样地的全氮含量明显提高,该层土壤全氮含量大小顺序为围封12年>15年>8年>5年>0年。

荒漠草原采取围封措施后,植被高度、盖度、生物量等特征增大,植被的恢复在提高植物固氮能力的同时,对土壤的补偿作用也随之增强,这就使得土壤中全氮含量增加。

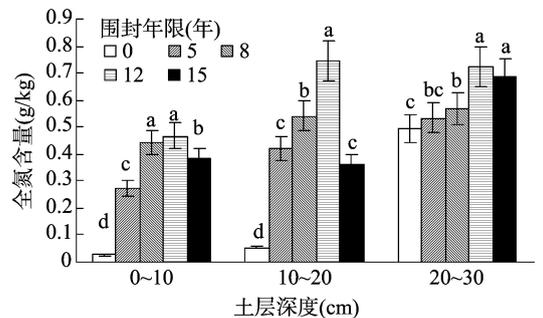


图2 不同围封年限样地各层土壤全氮含量

**2.1.3 围封年限土壤全磷的含量** 同样,围封能提高土壤中全磷的含量。0~10、10~20 cm土层,围封8、12、15年土壤全磷含量均明显高于未围封样地,且全磷含量顺序为围封12年>8年>15年>5年>0年,围封12、8、15、5年样地分别较未围封样地提高255.55%、222.22%、133.33%、22.22%和233.33%、75.00%、41.67%、25.00%;20~30 cm土层,围封5、8、12、15年的土壤磷含量均与未围封样地差异显著,全磷含量顺序为围封12年>8年>5年>15年>0年,与对照样地相比,围封12、8、5、15年样地分别提高177.78%、66.67%、61.11%、44.44%(图3)。

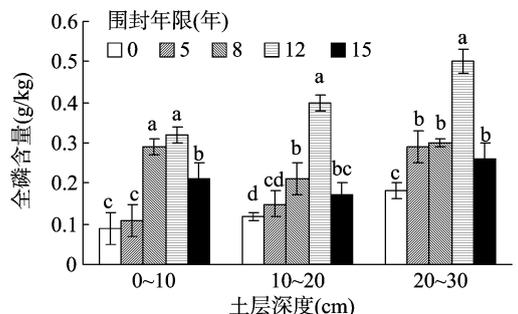


图3 不同围封年限样地各层土壤全磷含量

**2.1.4 围封年限对土壤生态化学计量比的影响** 在不同土层中,土壤碳氮比(C/N)随围封年限的延长呈现不同的变化(表1)。在0~10、10~20 cm土层中,未围封样地土壤C/N值均高于围封5、8、12、15年的测定值,同时,随围封时间的增加C/N值呈先减小后增大趋势,围封8、12年之间无显著性差异。20~30 cm土层,则表现出相反的变化。

在不同土层中,不同围封年限样地的碳磷比(C/P)表现出与C/N值相同的规律,即在0~10、10~20 cm土层,土壤C/P值随围封时间的延长呈先减小后增大的趋势,其中,0~10 cm土层的C/P值最大值出现在未围封样地,为44.64,最小值出现在围封8年样地,为15.82,未围封、围封5、8、12、15年间差异不显著;10~20 cm土层,C/P值在围封5年时最

高,为43.87,在围封12年时最低,为16.43,未围封与围封8、12年的测定值差异显著( $P < 0.05$ );20~30 cm土层,C/P值在未围封时最高,为36.07,在围封5年时最低,为23.53。

在0~10、10~20、20~30 cm土层,各样地氮磷比(N/P)总体上随围封时间的延长呈先减小后增大的趋势。其中10~20 cm土层,各样地间无显著差异。

表1 不同围封年限样地土壤碳氮比(C/N)、碳磷比(C/P)、氮磷比(N/P)特征

土层深度(cm)	围封年限(年)	C/N值	C/P值	N/P值
0~10	0	20.69 ± 0.62a	44.64 ± 3.98a	3.35 ± 2.00a
	5	17.22 ± 3.89ab	36.50 ± 1.30a	2.57 ± 0.71ab
	8	10.80 ± 0.77c	15.82 ± 1.12a	1.50 ± 0.06b
	12	12.79 ± 1.60c	18.95 ± 1.52a	1.44 ± 0.14b
	15	16.56 ± 1.51b	29.44 ± 1.15a	2.00 ± 0.21ab
10~20	0	20.32 ± 1.68a	43.26 ± 3.92a	2.13 ± 0.26a
	5	17.47 ± 2.74ab	43.87 ± 3.11a	2.58 ± 0.71a
	8	11.23 ± 0.49c	29.12 ± 5.70b	2.59 ± 0.45a
	12	8.85 ± 0.45c	16.43 ± 0.49c	1.86 ± 0.15a
	15	15.81 ± 2.54b	33.25 ± 3.65ab	2.08 ± 0.22a
20~30	0	12.68 ± 0.45c	36.07 ± 3.23a	2.84 ± 0.35a
	5	12.37 ± 0.77c	23.53 ± 3.90c	1.90 ± 0.22c
	8	14.82 ± 0.77b	28.02 ± 1.90bc	1.89 ± 0.05c
	12	20.24 ± 1.65a	29.57 ± 0.70b	1.47 ± 0.15d
	15	12.05 ± 0.35c	28.38 ± 1.47bc	2.36 ± 0.08b

注:同一土层深度、同列数据后不同小写字母表示不同围封年限样地差异显著( $P < 0.05$ ),下表同。

## 2.2 围封年限对土壤微生物量碳、氮的影响

土壤微生物在生态过程中意义重大,具有不可替代的作用,它本身就是一个养分库,含有一定量的碳、氮。土壤微生物量是土壤有机质的活性成分。土壤微生物生物量在土壤有机质中十分活跃,对植物养分和土壤酶活性具有一定的影响。

2.2.1 围封年限对土壤微生物量碳的影响 不同围封年限对土壤微生物量碳有明显影响(图4),在0~10 cm土层中,围封5、8、12、15年的土壤微生物量碳含量均显著高于未围封样地,分别增加了38.75%、50.64%、56.95%、17.17%;10~20 cm土层,土壤微生物量碳含量大小顺序为围封12年>8年>5年>15年>0年,围封样地分别较未围封样地提高了53.83%、104.64%、124.75%、38.63%;10~20 cm土层和20~30 cm土层中,围封5、15年及8、12年之间无显著差异。20~30 cm土层,围封5、8、12、15年的微生物量碳含量分别比对照高64.5%、78.34%、97.99%、44.95%。

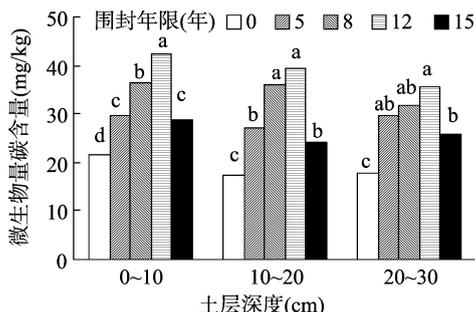


图4 不同围封年限样地各层的土壤微生物量碳含量

## 2.2.2 围封年限对土壤微生物量氮的影响 在0~10 cm土

层中,围封12、15年的土壤微生物量氮含量显著高于未围封样地(图5)( $P < 0.05$ ),含量大小顺序为围封12年>15年>8年>5年>0年,分别较未围封样地提高了80%、32%、17%、1%;10~20 cm土层,围封8、12年的土壤微生物量氮含量明显增加,含量大小顺序为围封12年>8年>15年>5年>0年,各围封样地分别较未围封样地提高了55%、50%、2%、1%;20~30 cm土层,围封12年的微生物量氮含量显著高于未围封样地,未围封与围封5、8、15年之间则无显著差异,含量大小顺序为围封12年>15年>8年>5年>0年,各围封样地微生物量氮含量分别较未围封样地提高了58%、28%、19%、17%。通过对不同围封年限土壤微生物量氮含量在不同土层间的比较得知,围封5年时,0~10、10~20、20~30 cm土层的土壤微生物量氮含量无显著变化;围封8、15年时,20~30 cm土层的微生物量氮含量无显著变化;围封12年时,各土层的土壤微生物量氮含量显著增加,测定值最高,与未围封的测定值差异显著( $P < 0.05$ )。通过分析表明,土壤微生物量碳、氮含量具有明显的“表聚性”,即0~10 cm土层含量高于10~20、20~30 cm土层。

2.2.3 围封年限对土壤微生物量C/N值的影响 0~10、10~20、20~30 cm土层,土壤微生物量C/N值大致随围封年限的增加呈先增大后减小趋势(表2)。在0~10 cm土层,未围封与围封5、8、12、15年的测定值差异显著( $P < 0.05$ ),而围封5、8年,12、15年间无显著差异;10~20 cm土层,围封5、8、12、15年间差异不显著;20~30 cm土层,未围封与围封8年的测定值差异显著( $P < 0.05$ ),与围封5、12、15年的测定值无显著差异。

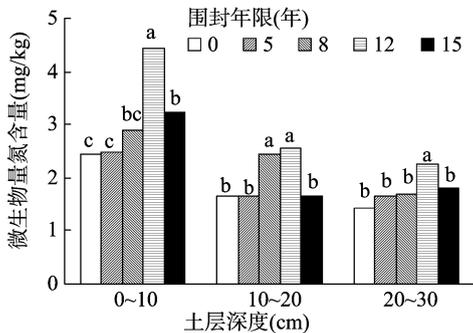


图5 不同围封年限样地各层的土壤微生物氮含量

表2 不同围封年限土壤微生物量 C/N 值

围封年限 (年)	不同土层深度 C/N 值		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
0	8.83 ± 1.99c	10.74 ± 2.32b	12.98 ± 3.34b
5	11.92 ± 0.75a	16.34 ± 2.96a	17.93 ± 2.57ab
8	12.72 ± 1.10a	14.66 ± 1.91ab	18.82 ± 0.44a
12	9.56 ± 0.60b	15.50 ± 0.59a	15.88 ± 1.65ab
15	8.83 ± 0.32b	14.80 ± 2.67ab	14.86 ± 1.60ab

### 3 讨论与结论

通过分析可知,不同围封年限对土壤中的碳、氮、磷含量具有明显的影响。土壤中的有机碳、全氮和全磷含量均随着围封年限的增加表现出先升高后降低的规律,该结果同黄蓉等研究<sup>[19]</sup>具有一致性。原因可能为围封措施使植被特征得到改善,高度、盖度等均在有利的条件下逐渐增加,但长时间的围封将由于土壤表面过多枯落物的存在进一步对植物的再生、土壤养分的分解、循环产生影响<sup>[20]</sup>。而在0~10、10~20、20~30 cm 土层中,随着土层深度增加,有机碳、全氮和全磷含量呈增加趋势。目前,关于这方面的原因需要进一步研究。

在不同的土层中,不同围封年限样地中的土壤 C/N、C/P 和 N/P 值具有相似的变化规律。在0~10、10~20 cm 土层中,未围封样地土壤 C/N 值均高于围封5、8、12、15年样地。这可能是由于家畜向土壤中排出排泄物,增加了土壤中的氮素含量,从而使未围封样地 C/N 值较围封样地中的 C/N 值高。此外,C/N 值在0~10、10~20 cm 土层中随围封时间的增加呈先减小后增大趋势,而在20~30 cm 土层,则呈现不同的变化趋势。土壤 C/P 值同 C/N 值呈现出相似的规律,即在0~10、10~20 cm 土层,土壤 C/P 值随围封时间的延长呈先减小后增大的趋势。而 N/P 值在0~10、10~20、20~30 cm 土层中总体上随围封时间的延长呈先减小后增大的趋势。

土壤微生物量碳、氮含量随围封时间的延长呈先增加后减小趋势。各层土壤中,表现为围封样地微生物量氮含量高于未围封样地。总体看来,土壤微生物量碳、氮含量多集中在0~10 cm 土层,具有明显的“表聚性”。本研究与张蕴薇等研究结果<sup>[21]</sup>一致。土壤微生物量碳和微生物量氮之所以在表层含量较高可能是因为植物根系大多集中于土壤表层,旺盛的根系活动促进植物根系向土壤中分泌的物质增多,良好的条件进一步促进微生物的生长,从而导致土壤微生物量在土壤表层较高。

在未围封及围封5、8、12、15年的样地中,0~10、10~20、

20~30 cm 土层的土壤微生物量 C/N 值大致表现为随着围封年限的增加呈现出先增大后减小的变化规律。

总体看来,宁夏荒漠草原实施围栏封育以后,植被得到一定的恢复,土壤的理化性质得以改善。但围封时间并非越长越好,若超过某一年限,植被和土壤将会受到抑制,这就需要明确合理的围封年限。

### 参考文献:

- [1] 刘华,蒋齐,王占军,等. 不同封育年限宁夏荒漠草原土壤种子库研究[J]. 水土保持研究,2011,18(5):96-98,103.
- [2] 焦树英,韩国栋,李永强,等. 不同载畜率对荒漠草原群落结构和功能群生产力的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(3):564-571.
- [3] 马文文,姚拓,靳鹏,等. 荒漠草原2种植物群落土壤微生物及土壤酶特征[J]. 中国沙漠,2014,34(1):176-183.
- [4] 赛胜宝. 内蒙古北部荒漠草原带的严重荒漠化及其治理[J]. 干旱区资源与环境,2001,15(4):34-39.
- [5] 黄菊莹,赖荣生,余海龙,等. N添加对宁夏荒漠草原植物和土壤 C:N:P 生态化学计量特征的影响[J]. 生态学杂志,2013,32(11):2850-2856.
- [6] 韩兴国,李凌浩. 内蒙古草地生态系统维持机理[M]. 北京:中国农业大学出版社,2012.
- [7] Middleton N J, Thomas D G. World atlas of desertification edition [M]. 2nd ed. London:Edward Arnold,1998:5-12.
- [8] 杨晓晖,张克斌,侯瑞萍. 封育措施对半干旱草场植被群落特征及地上生物量的影响[J]. 生态环境,2005,14(5):730-734.
- [9] Chen Z Z. Degradation and enclosure transfer of grassland ecosystem in Inner Mongolia[Z]//Steppe in the past - A series speech in Inner Mongolia Tourism Cultural Festival,2003.
- [10] 左万庆,王玉辉,王凤玉,等. 围栏封育措施对退化羊草草原植物群落特征影响研究[J]. 草业学报,2009,18(3):12-19.
- [11] Meissner R A, Facelli J M. Effects of sheep exclusion on the soil seed bank and annual vegetation in chenopods shrublands of South Australia[J]. Journal of Arid Environments,1999,42(2):117-128.
- [12] 张晶晶,许冬梅. 宁夏荒漠草原不同封育年限优势种群的生态位特征[J]. 草地学报,2013,21(1):73-78.
- [13] 文海燕,赵哈林,傅华. 开垦和封育年限对退化沙质草地土壤性状的影响[J]. 草业学报,2005,14(1):31-37.
- [14] 杨新国,宋乃平,李学斌,等. 短期围栏封育对荒漠草原沙化灰钙土有机碳组分及物理稳定性的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(12):3325-3330.
- [15] 赵志红. 半干旱黄土区集雨措施和养分添加对苜蓿草地和封育植被生产力及土壤生态化学计量特征的影响[D]. 兰州:兰州大学,2010.
- [16] 王明玖,李青丰,青秀玲. 贝加尔针茅草原围栏封育和自由放牧条件下植物结实数量的研究[J]. 中国草地,2001,23(6):21-26.
- [17] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:农业出版社,1999.
- [18] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [19] 黄蓉,王辉,王蕙,等. 围封年限对沙质草地土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(1):183-188,197.
- [20] 黄昌勇. 土壤学[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2011.
- [21] 张蕴薇,韩建国,韩永伟,等. 不同放牧强度下人工草地土壤微生物量碳、氮的含量[J]. 草地学报,2003,11(4):342-345.