

# 人工草地土壤质量及土壤酶活性对利用年限的响应

魏加弟, 宋晓宏, 席冬梅\*

(云南农业大学动物科学技术学院, 云南 昆明 650201)

**摘要:**土壤质量能够敏感而准确地反映自然及人类活动导致的土壤环境动态变化。本研究以利用5、13、24 a的人工草地为对象,通过对土壤理化指标、土壤酶活性进行分析,探究人工草地土壤理化性质及土壤酶活性对利用年限的响应特征,以期为人工草地治理和可持续利用提供理论依据。结果表明:随着人工草地利用年限增加土壤有效磷、速效钾含量显著下降;随着人工草地利用年限增加土壤过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶活性均显著下降( $P < 0.05$ );土壤过氧化氢酶和蔗糖酶活性与土壤质量有显著的相关性。得出土壤酶活性与土壤质量显著相关,人工草地在利用的第5~13年土壤酶活性升高,说明人工草地在利用初期土壤质量状况较好,但是当草地利用年限超过13年时土壤出现酸化,土壤酶活性降低,土壤中物质循环速率降低。

**关键词:**人工草地;利用年限;酶活性;土壤质量

**中图分类号:**S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2022)05-0120-06

**DOI:**10.13817/j.cnki.cyycp.2022.05.015



草地具有改善区域气候、保持土壤养分、降低水土流失等重要生态功能<sup>[1]</sup>。草地作为游牧民族的发祥地,为牛、羊、马等家畜提供了源源不断的食物,满足了人们对肉、奶、皮、毛等畜产品的需求,是畜牧业稳定发展的重要保障<sup>[2]</sup>。随着社会对畜产品的需求量越来越大,过高的载畜量使草地生态系统承受巨大的压力。目前,我国天然草地有90%不同程度退化,其中严重退化草地占60%以上<sup>[3]</sup>。为缓解天然草地压力,国家通过实施退牧还草、退耕还草等一系列重大草地保护建设项目,大力推进人工草地建设和人工草地生态保护<sup>[4]</sup>。人工草地在草地生态系统中所占的比重不断上升,截至2016年我国人工草地种植面积已达到1500万 $\text{hm}^2$ ,其生态服务功能日益增强<sup>[5]</sup>。人工草地的

建设为当地农牧民的生产生活提供了大量的资源,农牧民收入水平提高、生活条件改善,对解决我国“三农”问题有重要意义<sup>[6]</sup>。随着人工草地利用年限增加,由于家畜踩踏、草地养护管理粗放等问题,导致草地土壤质量下降<sup>[7-8]</sup>,从而导致人工草地利用年限缩短。因此,加强对不同利用年限人工草地的养护和管理是维持人工草地土壤质量水平,增加人工草地利用年限的有效方法。

土壤是陆地生态系统的主要组成部分,同时也是生态系统中生物与环境相互作用的主要场所。土壤中储存着许多与植物生长相关的营养元素,植物生长与土壤密不可分,人工草地土壤质量状况是衡量草地生产力的重要指标<sup>[9]</sup>,反映土壤为草地提供养分和水分的能力,随着人工草地利用年限增加草地土壤质量会发生动态变化。龚正发等<sup>[10]</sup>研究表明,随着草地利用年限增加由于自然或人为因素会导致草地土壤养分流失,土壤质量下降。白永飞等<sup>[11]</sup>认为人工草地“人一草一畜”关系失衡,会随着草地利用年限增加对草地土壤环境造成严重危害。有报告指出由于我国人工草地基础研究和产业发展水平均落后于发达国

**收稿日期:**2021-04-07; **修回日期:**2021-06-29

**基金项目:**国家自然科学基金项目(2018YFD0501900);云南省重点研发计划项目(2018BB002)

**作者简介:**魏加弟(1996-),女,甘肃兰州人,硕士研究生。

E-mail:1697586840@qq.com

\*通信作者。E-mail:2522935343@qq.com

家,导致其利用年限短,严重滞后于我国国民经济发展需求<sup>[12]</sup>。土壤酶对生态系统生境变化非常敏感,具有环境统一性,其活性强弱可反映人工草地土壤中各种生物化学过程的强度和方向,也可以反应草地植物对养分的获取<sup>[13]</sup>。土壤酶活性可以作为土壤质量及土壤健康状况的重要指标<sup>[14]</sup>。随着人工草地利用年限的增加,草地土壤质量的监测与管理至关重要,在人工草地退化初期及时采取措施防止草地土壤质量下降,进而延长人工草地利用年限是研究者关注的热点问题。草地土壤质量下降严重制约草地实现其生产、生态功能,如何减缓人工草地土壤质量下降速率、恢复草地生态环境、提高草地利用年限是人工草地面临的巨大科学与技术挑战。

本研究选取云南省种羊繁育推广中心分别利用了5、13和24年的人工草地,通过对比不同利用年限人工草地土壤理化性质和酶活性,探究其土壤质量变化特征,发现土壤养分下降的时期,以期为人工草地治理和可持续利用提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

云南省种羊繁育推广中心位于寻甸县城之西,距县城7 km, E 103°11'24", N 25°40'44", 全场总面积1 600 hm<sup>2</sup>, 年均温13.5℃, 年降水量1 034 mm, 蒸发量2 034 mm, 全年日照1 846 h, 年无霜期240 d。土壤类型为砖红壤, 表层pH值5.5~6.3。全场草地分为高产优质放牧人工草地、割草地和饲料地, 其中高产优质放牧人工草地1.2万hm<sup>2</sup>。人工草地主要饲养绵羊和山羊, 放牧强度中等, 草地多年来种植草种为鸭茅(*Dactylis glomerata*)、白三叶(*Trifolium repens*)和多年生黑麦草(*Lolium perenne*), 混播, 播种量分别为1、0.5、0.5 kg/hm<sup>2</sup>。除恶劣天气外草地全年放牧, 放牧时间为6~8 h/d, 载畜量15个羊单位/hm<sup>2</sup>, 放牧强度中度。每年于7~8月刈割后施肥1次, 钙镁磷肥15 kg/hm<sup>2</sup>, 尿素5 kg/hm<sup>2</sup>, 每2~3年施适量钾肥。

### 1.2 试验设计

该人工草地均为同一片退化天然草地改良形成, 其初始土壤质量状况基本一致, 地形平坦。本研究选取2 000 m海拔处的5年(2014年)、13年(2006年)和24年(1995年)的人工放牧草地土壤为研究对象。确

定采样点后在0~30 cm表层土壤采样, 每个利用年限建立3个样地, 每个样地3个重复。取样工具包括铁锹、螺旋取土钻、环刀、铝盒、样品袋、样品箱、记录表等。采样时以“等量”和“多点混合”的原则进行采样, 采用S形布点采样, 每个样点至少采集6个点位的土壤, 然后混匀。把土样装入自封袋中, 贴上标签, 用记号笔写明编号、采样地点、土壤类型等。采集的混合土样拿回实验室剔除杂草和石块后, 置于阴凉处自然风干, 一部分用于土壤理化性质的测定, 一部分土样用于测试土壤酶活性。

### 1.3 测定指标

土壤化学指标的测定, 主要参照鲍士旦的方法<sup>[15]</sup>, 土壤孔隙度和土壤容重采用环刀法, 土壤pH值测定采用电位法, 土壤有机质含量测定采用重铬酸钾外热源法, 水解性氮含量测定采用碱解扩散法, 全氮含量测定采用凯氏蒸馏法, 全磷含量测定采用NaOH熔融—钼锑抗比色法, 全钾用NaOH熔融—火焰光度法, 有效磷含量测定采用NaHCO<sub>3</sub>浸提—钼锑抗吸光度法; 速效钾含量测定采用1 mol/L乙酸铵浸提—火焰光度法。土壤酶活性的测定参考关松荫<sup>[16]</sup>的方法, 脲酶采用靛酚蓝比色法, 过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法, 酸性磷酸酶采用苯磷酸二钠比色法, 蔗糖酶采用3,5-二硝基水杨酸比色法。

### 1.4 数据处理

数据用Microsoft Excel 2010处理, 试验结果采用SPSS软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 人工草地的利用年限对土壤理化性质的影响

不同利用年限人工草地土壤容重随着人工草地利用年限的增加逐渐降低, 其中利用13年的人工草地土壤容重比利用5年的人工草地土壤容重减小17.52%, 差异显著( $P < 0.05$ ), 利用24年的人工草地比利用13年的人工草地土壤容重减小5.38%, 土壤孔隙度变化情况与土壤容重相反(表1)。

不同利用年限人工草地的土壤化学性质如表2所示, 土壤pH值5.71~6.13, 草地在利用第24年土壤pH值显著降低。土壤有机质含量变化为: 5年<13年<24年。土壤全钾含量随草地利用年限增长显著升高, 利用了13年、24年的人工草地土壤全钾含量比利

表1 不同利用年限下人工草地土壤物理性质

Table 1 Soil physical properties of artificial grassland under different utilization years

利用年限	容重/( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	孔隙度/%
5年	1.61±0.01 <sup>a</sup>	41.74±4.05 <sup>b</sup>
13年	1.37±0.04 <sup>b</sup>	50.70±4.11 <sup>a</sup>
24年	1.30±0.07 <sup>b</sup>	50.99±2.47 <sup>a</sup>

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

用了5年的人工草地土壤全钾含量分别高出50.52%和108.31%。土壤有效磷含量随草地利用年限增长显著降低( $P<0.05$ ),土壤速效钾含量随草地利用年限增长先升高后降低。不同利用年限人工草地的土壤全氮、全磷及碱解氮含量无显著性差异。

表2 不同利用年限下人工草地土壤化学性质

Table 2 Soil chemical properties of artificial grassland under different utilization years

利用年限	pH值	全氮/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全磷/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全钾/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	碱解氮/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	有效磷/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	有机质/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
5年	6.13±0.04 <sup>a</sup>	2.03±0.27 <sup>a</sup>	0.95±0.11 <sup>a</sup>	12.51±1.21 <sup>c</sup>	148.49±12.64 <sup>a</sup>	20.68±4.13 <sup>a</sup>	52.95±18.06 <sup>c</sup>	41.28±3.41 <sup>b</sup>
13年	6.00±0.19 <sup>a</sup>	2.33±0.08 <sup>a</sup>	0.95±0.17 <sup>a</sup>	14.41±1.25 <sup>b</sup>	172.34±17.03 <sup>a</sup>	14.63±4.15 <sup>ab</sup>	284.28±33.27 <sup>a</sup>	45.99±0.30 <sup>b</sup>
24年	5.71±0.19 <sup>b</sup>	2.45±0.24 <sup>a</sup>	1.08±0.16 <sup>a</sup>	19.82±1.27 <sup>a</sup>	210.93±42.41 <sup>a</sup>	11.32±3.63 <sup>b</sup>	125.43±12.50 <sup>b</sup>	68.76±9.78 <sup>a</sup>

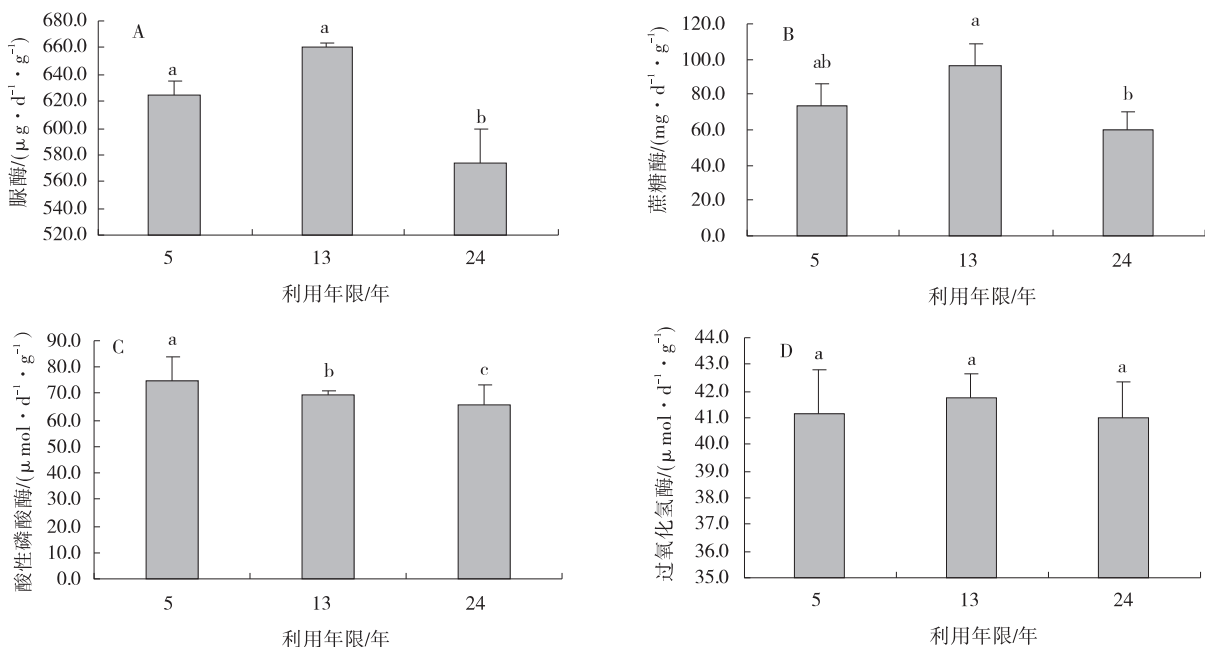


图1 不同利用年限的人工草地土壤酶活性

Fig. 1 Soil enzyme activities of artificial grassland under different utilization years

## 2.2 人工草地的利用年限对土壤酶活性的影响

随着利用年限增加土壤脲酶活性、蔗糖酶活性及过氧化氢酶活性整体出现先升高后降低的趋势(图1),人工草地在利用第5年至第13年土壤脲酶活性缓慢升高,但是在利用第13年至第24年显著性下降( $P<0.05$ ),由660.64  $\mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{g})$ 下降至572.17  $\mu\text{g}/(\text{d}\cdot\text{g})$ 。土壤酸性磷酸酶活性随着人工草地利用年限增加由74.77  $\mu\text{mol}/(\text{d}\cdot\text{g})$ 缓慢下降至65.48  $\mu\text{mol}/(\text{d}\cdot\text{g})$ ,但是差异不显著( $P>0.05$ )(图2-A)。土壤过氧化氢酶活性随着利用年限增加先升高后降低,利用第13年过氧化氢酶活性达到最高为41.77  $\mu\text{mol}/(\text{d}\cdot\text{g})$ (图2-B)。土壤蔗糖酶活性随人工草地利用年限增加先升高然后显著性降低(图2-C),利用第24年的草地土壤比利用第13年的草地土壤酶活性降低了37.82%。

### 2.3 土壤理化性质与酶活性的相关性分析

相关性分析表明(表 3),土壤酸性磷酸酶活性与土壤 pH 值的相关性达到极显著水平( $P < 0.01$ ),说明土壤 pH 值可以影响酸性磷酸酶的活性。土壤脲酶与土壤 pH 值和土壤有效磷含量显著相关,土壤过氧化

氢酶与土壤有机质、碱解氮、速效钾和全氮均有显著相关性,说明土壤过氧化氢酶活性可以敏感反映土壤的质量状况,土壤蔗糖酶与土壤速效钾含量和土壤 pH 值显著相关。

表 3 土壤酶活性与土壤理化指标相关性分析

Table 3 Correlation analysis of soil enzyme activity and soil physical and chemical indexes

因子	容重/ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	pH 值	有机质/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	碱解氮/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	有效磷/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	速效钾/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全氮/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全磷/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	全钾/ ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
酸性磷酸酶	0.314	0.554**	-0.509**	-0.409*	-0.423*	-0.225	-0.453*	-0.498**	-0.387*
脲酶	0.088	0.447*	-0.194	0.094	0.550**	0.008	-0.062	0.156	-0.655**
过氧化氢	-0.293	0.199	0.409*	0.551**	0.215	0.380*	0.552**	0.433*	-0.174
蔗糖	0.115	0.396*	0.399*	-0.262	-0.305	0.525**	-0.260	-0.479*	-0.357

注:\*\*表示在 0.01 水平上极显著相关,\*表示在 0.05 水平上显著相关

### 3 讨论

土壤容重是土壤重要的物理性质之一,不同草地的生境条件及植物根系分布不同,土壤容重存在一定差异。随着人工草地利用年限的增长,土壤容重减小,与林敬兰等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。原因可能是由于草本植物的须根系在生长过程中广泛分布和不断伸长使得土壤颗粒粉碎,导致土壤容重降低。土壤孔隙度是表征土壤通气性和透水性的重要指标,孔隙度大的土壤其出水性更强,本研究中随着利用年限增长,土壤孔隙度增高,这与张娜等<sup>[18]</sup>的研究结果一致,认为中度放牧使土壤含水量和孔隙度增加,而适度的家畜践踏促进表层土壤和凋落物的融合,同时一定程度上家畜的粪便加快植被生物量向土壤归还,增加了土壤有机质与腐殖质含量,改善了土壤结构。

土壤养分和 pH 值是草地生态系统功能恢复与维持的关键指标,对植物群落演替起着重要作用。本研究发现人工草地利用第 24 年土壤 pH 值降低,一方面是随着草地利用时间增长,植物枯落物等有机物质的累积产生了有机酸,导致了土壤 pH 值下降<sup>[19]</sup>,另一方面是由于化肥的不合理利用使土壤酸化降低了土壤 pH 值。本研究中草地土壤全钾含量增长显著,利用 24 年土壤全钾含量是利用 5 年的 2 倍,根据黄桢锋等<sup>[20]</sup>的研究认为,人工草地施肥应根据牧草混播比例而定,当禾本科草比例较高时应以氮肥为主,磷肥钾

肥为辅,因此该人工草地存在钾肥磷肥比例失衡问题,应该减少钾肥施用,适当的补充氮肥。彭文英等<sup>[21]</sup>的研究结果表明,人工草地在建植初期,土壤有机质含量可以在 5~7 年提高 2.5 倍,本研究中土壤有机质在草地利用 24 年后比利用第 5 年增加了 65.85%,这与草地利用年限增加土壤微生物多样性增加,土壤中物质循环加快有关。土壤碱解氮的含量与土壤有机质的含量及转化有关,本研究中随着人工草地利用年限增加,土壤碱解氮含量升高,一方面是因为土壤有机质增加,增加了土壤微生物的固氮作用,另一方面是因为豆科牧草的固氮作用。根据郑伟等<sup>[22]</sup>的研究禾本科牧草种植比例大于豆科牧草时不利于土壤有效磷的释放,本研究中土壤有效磷含量随着利用年限上升持续下降,这可能与该人工草地禾本科牧草繁殖较快有关。土壤速效钾含量是土壤钾素供应的重要指标之一,本研究中速效钾含量在草地利用第 5 年含量最大,为 284.28 g/kg。可能是建植初期人工草地生物量不断增加,土壤表层有机质增加,进而提高了土壤速效钾含量<sup>[23]</sup>,到利用第 24 年土壤速效钾含量下降了 55.88%,这可能与利用年限增加,人工草地植物群落结构发生了较大改变,毒杂草比例增加,人工草地土壤质量整体下降有关。

土壤酶活性高低与土壤质量密切相关,是土壤质量的生物指标<sup>[24]</sup>。土壤磷酸酶可以促进土壤中有机磷分解转化为无机磷提高磷的利用效率,对于研究者

估计土壤磷素状况有重要意义。随着年限的增加,土壤酸性磷酸酶活性逐渐降低,这与谈嫣蓉等<sup>[25]</sup>的研究结果一致,因为土壤酸性磷酸酶活性对草地放牧强度较敏感,该草地放牧强度抑制了土壤酸性磷酸酶活性。本研究中土壤脲酶、过氧化氢酶和蔗糖酶活性随着利用年限的增加先升高后降低,这与黄巧璠等<sup>[26]</sup>的研究结果一致,说明随着利用年限增加土壤中物质循环下降,可能是因为草地群落在演替过程中由于优势种的更替,人工草地的建植草种与入侵杂草等物种间竞争激烈,地上生物量有略微下降的趋势,从而影响了地下土壤的物质循环<sup>[27]</sup>。

本研究的相关性分析表明,土壤酶活性与土壤养分因子相关性显著,说明土壤酶活性与土壤养分循环和能量转化密切相关。本研究中土壤pH值与土壤酸性磷酸酶、脲酶和蔗糖酶活性都显著相关,说明适宜的土壤pH值可以促进土壤酶活性,这是因为土壤中物质转化、能量流动及微生物代谢活动都需要适宜的pH值,所以人工草地维持pH值的稳定很重要。本研究中土壤蔗糖酶活性与土壤有机质含量显著相关,这可能与蔗糖酶可以把土壤中的蔗糖分解为单糖,为土壤有机质代谢提供反映物质有关<sup>[28-29]</sup>。土壤过氧化氢酶活性与土壤全氮、全磷及速效钾含量显著相关,过氧化氢酶能够水解过氧化氢并释放出水和氧气,从而解除了过氧化氢对植物的毒害作用,促进土壤中的物质代谢,这与许亚东等<sup>[30]</sup>的研究结果一致。土壤脲酶活性可以反映土壤氮素状况,但是本研究中土壤脲酶活性与土壤全氮和碱解氮间的相关性不强,这可能与研究区土壤条件、气候类型等因素有关。

## 4 结论

土壤酶活性与土壤质量显著相关,人工草地在利用的第5~13年土壤酶活性升高,但是当草地利用年限超过13年时土壤出现酸化,土壤酶活性降低,土壤中物质循环速率降低。

### 参考文献:

- [1] 喻岚晖,王杰,廖李容,等. 青藏高原退化草甸土壤微生物量、酶化学计量学特征及其影响因素[J]. 草地学报, 2020,28(6):1702-1710.
- [2] 王德利,王岭,辛晓平,等. 退化草地的系统性恢复:概念、机制与途径[J]. 中国农业科学, 2020, 53(13): 2532-2540.
- [3] 白永飞,潘庆民,邢旗. 草地生产与生态功能合理配置的理论基础与关键技术[J]. 科学通报, 2016, 61(2): 201-212.
- [4] 米微,刘洋,唐昊,等. 云南省人工草地生物量碳库估算[J]. 云南农业,2019(1):79-82.
- [5] 张龙,何忠伟. 我国草业发展现状与对策[J]. 科技和产业,2017,17(2):40-43+103.
- [6] 董春华,文石林. 道县发展草食动物潜力可期[J]. 中国畜牧业,2010(17):20-21.
- [7] 林智贵,苏水金,黄仁湘,等. 亚热带红壤山地人工草地放牧试验[J]. 福建农学院学报,1991(2):92-95.
- [8] 滕晓杰,滕小华,刘元龙. 人工草地的科学管理与利用[J]. 黑龙江畜牧兽医,2004,(5):49-50.
- [9] 张晓娜,蒙仲举,杨振奇. 不同封育措施下希拉穆仁荒漠草原土壤质量评价[J]. 土壤通报, 2018, 49(4): 788-793.
- [10] 龚正发,黎俊. 贵州地区草地资源可持续发展战略初探[J]. 养殖与饲料,2017(5):112-115.
- [11] 白永飞,潘庆民,邢旗. 草地生产与生态功能合理配置的理论基础与关键技术[J]. 科学通报, 2016, 61(2): 201-212.
- [12] 中华人民共和国农业部. 中国草原发展报告2011[M]. 北京:中国农业出版社,2013.
- [13] 汪洋,杨殿林,王丽丽,等. 茶园多植物覆盖种植对土壤酶活性和有机碳矿化特征的影响[J]. 农业资源与环境学报,2020,37(3):371-380.
- [14] 马杰,贾宝全,费美玉. 北京市公园绿地树冠覆盖及其植物多样性空间变化[J]. 生态环境学报,2019,28(3):9.
- [15] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:中国农业出版社,1986.
- [16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000:495.
- [17] 林敬兰,蒋芳市,林金石,等. 南方红壤丘陵强度侵蚀区不同治理措施的土壤质量评价[J]. 亚热带水土保持, 2015,27(4):11-15+68.
- [18] 张娜,秦艳,金轲,等. 放牧对典型草原群落特征及土壤物理性状的影响[J]. 中国草地学报, 2020, 42(4): 91-100.
- [19] Cammeraat E L H, Risch A C. The impact of ants on mineral soil properties and processes at different spatial scales. *Journal of Applied Entomology*, 2010, 132(4): 285-294.

- [20] 黄桢锋. 南方人工混播草地放牧技术及生产效果研究[D]. 合肥:安徽农业大学, 2014.
- [21] 彭文英, 张科利, 杨勤科. 黄土坡面土壤性质随退耕时间的动态变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, (5): 153–158.
- [22] 郑伟, 加娜尔古丽, 唐高溶, 等. 混播种类与混播比例对豆禾混播草地浅层土壤养分的影响[J]. 草业科学, 2015, 32(3): 329–339.
- [23] 韩永伟, 韩建国, 王堃, 等. 利用年限对农牧交错带退耕还草地土壤化学性质的影响[J]. 草业科学, 2005, 22(3): 50–53.
- [24] 陈钦程, 徐福利, 王渭玲, 等. 秦岭北麓不同林龄华北落叶松土壤速效钾变化规律[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5): 1243–1249.
- [25] 谈嫣蓉, 杜国祯, 陈懂懂, 等. 放牧对青藏高原东缘高寒草甸土壤酶活性及土壤养分的影响[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2012, 48(1): 86–91.
- [26] 范燕敏. 天山北坡中段伊犁绢蒿荒漠退化草地土壤质量的演变与评价及预警系统的研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2009.
- [27] 黄琦璠, 舒英格, 肖盛杨, 等. 喀斯特山区不同草地土壤养分与酶活性特征[J]. 草业学报, 2020, 29(6): 93–104.
- [28] 杨冲, 王文颖, 刘攀, 等. 高寒草地土壤理化性质特征及质量评价[J]. 草原与草坪, 2022, 42(1): 1–12.
- [29] 李洁, 潘攀, 王长庭, 等. 三江源区不同建植年限人工草地根系动态特征[J]. 草业学报, 2021, 30(3): 28–40.
- [30] 许亚东, 王涛, 李慧, 等. 黄土丘陵区人工柠条林土壤酶活性与养分变化特征[J]. 草地学报, 2018, 26(2): 363–370.

## Responses of soil quality and soil enzyme activities in artificial grassland to utilization years

WEI Jia-di, SONG Xiao-hong, XI Dong-mei\*

(College of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

**Abstract:** Soil quality can sensitively and accurately reflect the dynamic changes of soil environment caused by natural and human activities. In this study, the artificial grassland of 5, 13 and 24 years was used as the object. The response characteristics of soil physical and chemical properties and soil enzyme activities of artificial grassland to the utilization years were investigated by analyzing soil physical and chemical indexes and soil enzyme activities of artificial grassland, so as to provide theoretical basis for the management and sustainable utilization of artificial grassland. The results showed that the contents of available soil phosphorus and available soil potassium decreased significantly with the increase of artificial grassland utilization years. Besides, soil catalase, urease and sucrase significantly decreased with the increase of artificial grassland utilization years ( $P < 0.05$ ). Further, soil catalase and sucrase were significantly correlated with soil quality. In conclusion, soil enzyme activities are significantly correlated with soil quality. The soil enzyme activities of artificial grassland increase in the 5th to 13th year of utilization, indicating that the soil quality of artificial grassland is good in the early stage of utilization. However, when the utilization life of grassland exceeds 13 years, soil acidification occurs, soil enzyme activities decrease, and the material recycling rate in soil decreases. The results can provide theoretical basis for sustainable utilization of artificial grassland.

**Key words:** artificial grassland; utilization years; enzymatic activity; soil quality