

围栏封育对草地土壤养分改良效果的研究进展

秦丽萍¹, 白文丽¹, 郑廷杰^{2*}

(1. 甘肃武威市草原工作站, 甘肃 武威 733000; 2. 甘肃武威市工业发展研究中心, 甘肃 武威 733000)

摘要: 围栏封育是目前较为普遍的一种退化草地恢复措施, 不仅有利于植被的恢复, 也有利于土壤养分的改善。本文综述了国内近年有关围栏封育对草地土壤有机质、氮、磷和钾含量影响的相关研究成果, 归纳概括了影响封育改良土壤养分含量的因素, 指出了今后的研究方向, 为我国退化草地封育效益合理性研究和指导草地利用提供一定的基础资料和科学依据。

关键词: 退化草地; 封育; 土壤养分

中图分类号: S823

文献标识码: A

文章编号: 1001-9111(2020)06-0020-04

草地是我国面积最大的陆地生态系统, 总面积近 4 亿公顷, 占全国土地总面积的 40%, 占全球草原面积的 12.4%, 居世界第一, 在国民经济发展和生态环境保护中具有重要的地位和作用^[1]。然而, 受自然、地理、历史和人为活动等因素的影响, 草地生态环境日益恶化, 植被盖度降低, 生物多样性减少, 调节水资源功能下降, 易引发一系列重大生态问题, 直接威胁到国家生态安全, 草地资源和生态保护刻不容缓。

为了保护和修复退化草地, 2004 年开始, 国家先后实施了一系列草原生态综合保护建设工程项目, 通过围栏封育、天然草原补播改良等方式改善草原生态环境。其中, 围栏封育以其投资少、见效快的特点, 已成为退化草地恢复的重要措施之一, 并被世界各国广泛采用^[2-4]。

土壤是植物生长的基本载体, 为植被生长提供各种化学元素, 土壤中碳、氮、磷、钾的分布与储量直接影响到草原生态作用的发挥。围栏封育通过人为降低或完全排除家畜对草地生态系统的扰动, 使草地通过自我更新得以恢复^[5], 不仅有利于草地植被的恢复^[6-7], 也有利于草地土壤结构的改善^[8]和土壤养分含量的提高^[9]。近几年, 国内关于围栏封育对草地土壤养分改良效果的研究颇多, 但尚缺乏对其系统的归纳和深入的分析, 本文综述了近年国内围栏封育对土壤养分改良方面的研究成果, 并指出今后的研究方向, 以期为促进退化草地封育效益合理性研究和指导草地利用提供一定的基础资料和科学依据。

学依据。

1 围栏封育对土壤养分的影响

1.1 围栏封育对有机碳的影响

草地土壤有机碳主要来源于植物、动物、微生物残体和根系分泌物^[10], 是全球碳循环的重要组成部分, 其含量高低是土壤质量和健康评价的重要指标^[11-12]。围栏封育降低了人为干扰, 促进植被恢复和掉落物的积累, 减少了土壤风蚀, 从而有利于土壤有机碳含量的增加^[13-14]。近年来, 众多学者开展了封育后土壤有机碳含量变化的研究, 但由于草地土壤质地、气候条件等因素的影响, 封育后土壤有机碳含量的变化存在一定差异性。大部分研究表明, 与未封育草地相比, 封育显著或极显著增加了土壤有机碳含量^[15-19], 樊华等^[20]发现封育后土壤有机碳含量提高了 307.94%。进一步对不同深度有机碳含量变化的研究进行归纳发现, 由于封育后生物量增大, 引起掉落物增加, 且主要积累在表层, 土壤有机碳含量最高集中在 0~30 cm 土层, 如范燕敏等^[21]发现 0~5 cm 有机碳含量远远高于 5 cm 以下, 李强^[22]和杨合龙^[23]发现 0~10 cm 有机碳含量最高, 分别增加了 71.5% 和 12.6%, 于双等^[24]发现 5~20 cm 有机碳含量最高, 陈智勇等^[25]发现 0~30 cm 土层有机质含量最高, 何玉惠等^[26]发现 0~30 cm 土层有机碳平均含量增加了 2.44 倍。可能由于土壤退化恢复演替的复杂性和本底土壤的差异性, 李国旗^[27]发现, 封育后土壤表层(0~10 cm)有机碳含量

收稿日期: 2020-06-25 修回日期: 2020-06-30

作者简介: 秦丽萍(1989—), 女, 甘肃临泽人, 畜牧师, 主要从事草原技术推广工作。

* 通讯作者: 郑廷杰(1989—), 男, 甘肃古浪人, 助理工程师, 主要从事工业发展研究工作。

有所提高,但差异不显著,杨静^[28]也发现,0~5 cm 土层有机碳含量无显著变化。由于植被枯落物养分先在土壤表层聚集,再随介质向土壤下层迁移扩散,随着土壤深度的增加,有机碳含量大部分呈降低或不变趋势^[29-30],如孙宗玖等^[31]发现 10~30 cm 土层有机质虽然出现增加的趋势,但差异不显著。同时,随着封育年限的延长,不同地区、类型草地由于植被类型和气候条件的差异,土壤有机碳含量变化也不尽相同。相关研究人员指出,封育 5 年后天山北坡荒漠草地土壤有机碳含量有降低趋势^[21],封育 5~8 年,盐碱草地土壤有机碳含量随着封育时间的延长而逐渐增加,封育 8 年最高^[22],伊犁荒漠草地土壤有机碳含量随着封育年限的增加总体呈现先降后升趋势,在封育 9 年达到最高^[23],黄土高原草地封育初期土壤有机碳含量先降后升,12 年最低,在 20 年达到最高,至封育 20、30 年保持相对平稳。

1.2 围栏封育对氮的影响

草地土壤中的 N 主要来源于生物固氮,少量来源于大气沉降、土壤吸附和灌溉水等^[10]。在“草—土”系统中,91%~97% 的 N 保留在土壤中,只有 3%~9% 的 N 存在于植物物质中。在草地封育过程中,研究 N 含量的变化对指导草地合理利用,保持草地 N 供给平衡有重要意义。土壤全 N 的 95% 来源于有机质的转化,其含量受到有机质在土壤中的积累与矿化的影响。与有机碳变化基本一致,大部分研究表明,封育显著提升了草地土壤全 N 含量^[15-16,18,22,31],如有研究发现封育后土壤全 N 含量增加了 230.86%^[20],可能由于植被类型的差异引起对 N 的固定和利用不同,也有研究者发现封育对土壤全 N 含量无显著影响,甚至有所降低,如杨静^[28]发现土壤全 N 含量封育后显著降低,整体降低 8.33%~34.38,张云舒^[29]和曹成有^[19]发现封育对土壤全 N 含量无显著影响。可能与草原植被根系主要分布在表层有关,封育促进了土壤表层全 N 含量的提高,李国旗^[27]认为封育后土壤全 N 含量在 0~10 cm 最高,王玉红^[17]认为封育对退化草地全 N 的影响主要体现在 0~40 cm 土层。封育后土壤全 N 含量随土层加深含量显著下降。封育年限对全 N 含量的影响与有机碳含量变化基本一致。

土壤碱解氮,又称速效氮,是反映近期土壤氮素供应能力的重要指标。其含量和有机质的含量及质量有关,有机质含量高、熟化程度高,碱解氮含量也越高,反之亦然。大部分研究表明,草地封育显著提升了土壤碱解氮含量^[16,18],樊华^[20]发现封育后土壤碱解氮含量增加了 153.55%,但可能由于受到土壤中本底有机碳及氮含量的影响,范燕敏^[21]、曹成

有^[19]和李以康发现封育对碱解氮含量无显著影响。与全 N 含量变化一致,杨合龙^[23]和张云舒^[29]发现土壤表层碱解氮含量最高,也有研究发现其含量在 0~10 cm 显著降低,随着土层加深呈现直线降低的趋势。

1.3 围栏封育对磷和钾的影响

P 和 K 是土壤肥力和牧草生产不可缺少的营养元素,在健康的系统中,植物和土壤共同保证系统内 P、K 的高效利用与低流失量。土壤全 P 的 40%~60% 来源于有机质,草地封育后掉落物增加,有机质大量沉积,而有机质中又含有丰富的 P,进而引起土壤全 P 含量的变化。土壤 K 主要来源于含钾矿物质、施肥和灌溉等,其含量受母质中矿物组成、土壤质地和土壤的淋溶作用等的影响较大,封育后植被生物量和土壤黏粒含量增加,土壤团聚性改善,提高了土壤贮存 K 的能力,从而影响 K 含量。封育后土壤 P 和 K 含量的变化不一,如有研究发现封育后土壤全 P 和全 K 含量均显著增加,分别提高了 53.05% 和 84.15%^[20],但也有研究者认为封育对土壤全 P、K 含量影响不大,李永进^[15]发现封育后全 K 含量显著降低。孙宗玖^[31]发现土壤表层(0~10 cm)全 P、K 含量均显著增加,杨静^[28]发现封育 3 年全 P 和全 K 含量最高,分别增加 54.55%~150% 和 147.62%~212.00%。

速效 P 和 K 是指土壤中较容易被植物吸收利用的养分,是评价土壤养分供应水平的重要指标。速效 P 受土壤全 P 含量水平的影响较大,速效 K 占土壤全 K 量的 0.1%~2%,受地上植被及土壤中的水分、温度、质地等因素的影响。有研究发现封育后土壤速效 P 和 K 含量分别提高了 452.2% 和 143.75%^[20],而宿婷婷^[18]认为封育显著降低了土壤全 K 含量,范燕敏^[21]发现封育对速效 K 含量无显著影响。其含量在空间上的分布和时间上的变化也无一定规律,孙宗玖^[31]发现 0~10 cm 土层速效 P 和 K 含量均显著增加,而李国旗^[27]却发现封育后 0~10 cm 速效 P 显著降低,杨合龙^[23]发现速效 P 和 K 含量封育 6 年达到最高。

2 影响围栏封育对土壤养分改良效果的因素

2.1 区域环境差异

草与土是两个相互联系的系统,封育后草地植被特征发生改变,而不同区域草地因温度、水分和蒸发量等的差异,影响植被生产能力,从而影响土壤养分的改良效果。曾有学者对退化严重的青藏高原高寒草地和埃塞俄比亚北部草地封育效果进行研究,

发现封育后土壤有机碳、N 含量显著增加,但 Reeder 和 Schuman 却发现,封育后美国中北部半干旱草地土壤有机碳含量显著低于放牧区。因地势不同引起植被特征和土壤养分沉积的差异,也对封育效果产生一定影响。如王蕙发现,因上坡比中坡和下坡更容易受到风蚀的侵扰,而中坡和下坡是接受上坡风蚀土壤沉积的主要部位,导致中坡和下坡土壤养分比上坡高,Wolde 等的研究也发现,土壤有机质、全 N 和全 P 均在下坡达到最大值。

2.2 草地类型及封育前退化程度

不同类型草地土壤质地、气候、植被条件差异性较大,恢复时的演替序列、到达某一演替阶段的时间均有所不同,因而也会影响封育对土壤养分的改良效果。国内相关研究发现,温性草原土壤有机碳恢复能力较强,而荒漠草原土壤弹性差,有机碳的增长速度较慢^[14],高寒草原草地封育 3 到 5 年为最佳,而荒漠草地封育 7 年才能达到自然恢复演替过程中的一个转折^[24],单桂莲发现 14 年是内蒙古典型草原较适宜的封育年限,而黄土高原半干旱草地封育达到 17 年后,封育年限对土壤养分的影响才逐渐减弱^[17]。同时,同种类型草地由于覆被类型不同,导致植被特征和生物量不同,吸收和固定养分的能力不同,从而对土壤养分改良效果产生很大影响。李景刚发现大针茅草原封育后土壤的有机碳、全量养分和速效养分含量均有所增加,而羊草草原围栏后土壤有机质和全 N 含量略有所降低。此外,封育前退化程度不同,草地恢复速度也不同,进而影响封育效益,如马玉寿认为轻度退化草地一般 2~3 年可恢复到退化前状态,而中度退化草地需要 8 年时间,对于重度退化草地,要想尽快恢复植被和土壤,还需采取补播、施肥等措施。

2.3 围栏封育年限

围栏封育有利于草地土壤结构和养分的恢复,适度围封既有利于植被的恢复,又有利于土壤养分的改良,但过长时间的封育会导致植被结构的退化,草地生产力的下降,进而影响土壤养分的改良效果。Wei 和高阳指出,封育虽然可显著提高黄土高原半干旱区草地生态系统碳密度,但过长时间封育会阻碍草地的更新和固碳潜力的发展,合理利用才能促进草地生态系统的健康发展。成湘对伊犁绢蒿荒漠草地进行研究发现,封育年限过长,草地生产力下降,封育 8 年后进行合理利用,有利于保持群落多样性并维持较高生物量。呼格吉勒图也表示,封育时间过长,不利于维持草地较高的生产力。敖伊敏等人研究证实,封育 14 年植被与土壤之间达到了连续循环状态,继续延长封育年限,各项指标开始下降,

苏建红也证实长时间围封会降低土壤磷含量。

2.4 围栏封育方式

围栏封育可分为全封、半封和轮封,封育方式不同,退化草地植被和土壤恢复到同样效果的封育年限也有差别。一般而言,半封和轮封恢复速度慢,封禁时间要较全封长,相关研究发现,重度退化草地采用全封后,8 年左右植被生产力可基本接近原生群落,采用季节性封育 12 年左右才可达到较好的恢复效果。但可能由于原生植被不同引起封育效果的差异化,祁明祥对高寒草甸类小嵩草~杂类草草地采用全封和半封两种封育措施发现,半封抑制了毒杂草的生长,从经济角度而言,半封育优于全封育。

3 展望

近几年关于围栏封育对土壤养分改良的研究有大量报道,但多为封育内外两个处理间的对比分析,而不同区域、类型、退化程度的草地封育后土壤养分改良效果存在较大的差异性,在研究中应考虑多重因素的影响,加大研究深度。尽管围栏封育对退化草地治理与恢复有重要作用,但草地封育不应是无限期的,应结合地上植被恢复状况与土壤养分改良效果,进一步探明退化草原恢复效果达到平衡状态的时间点,指导草地进行适度利用,促进草原生态系统良性发展。因此,考虑多重因素的影响,采取合理的恢复措施、构建科学的封育效果评价体系、确定合理的封育效果评价指标,明确不同地区、类型、退化程度草地的最佳封育年限并指导草地合理利用是今后研究的方向。

参考文献:

- [1] 王春燕,张晋京,吕瑜良,等. 长期封育对内蒙古羊草草地土壤有机碳组分的影响[J]. 草业学报,2014,32(5):31.
- [2] MEISSNER R A, FACELLI J M. Effects of sheep exclusion on the soil seed bank and annual vegetation in chenopod shrublands of South Australia[J]. Journal of Arid Environments, 1999,42(2): 117.
- [3] TURNER R M. Long-term vegetation change at a fully protected Sonoran Desert site[J]. Ecology, 1990,71(2):464.
- [4] 杨晓辉,张克斌,侯瑞萍,等. 半干旱沙地封育草场的植被变化及其与土壤因子间的关系[J]. 生态学报,2005,25(12):3212.
- [5] 张勇娟,孙燕,安沙舟. 围栏封育对蒿类荒漠建群种伊犁绢蒿生长的影响[J]. 新疆农业科学,2016,53(11):2119.
- [6] 郑翠玲,曹子龙,王贤,等. 围栏封育在呼伦贝尔沙化草地植被恢复中的作用[J]. 中国水土保持科学,2005,3(3):81.
- [7] 林丽,李以康,张法伟,等. 人类活动对高寒矮嵩草草甸的碳容管理分析[J]. 草业学报,2013,22(1):308.
- [8] 赵勇钢,赵世伟,华娟,等. 半干旱典型草原区封育草地土壤结构特征研究[J]. 草地学报,2009,17(1):111.
- [9] 程杰,高亚军. 云雾山封育草地土壤养分变化特征[J]. 草地学报,2007,15(3):277.

- [10] 傅华,陈亚明,王彦荣,等. 阿拉善主要草地类型土壤有机碳特征及其影响因素[J]. 生态学报,2004,24(3):474.
- [11] 孟凡乔,况星,张轩,等. 土地利用方式和栽培措施对农田土壤不同组分有机碳的影响[J]. 农业环境科学学报,2009,28(12):2512.
- [12] 周恒,田福平,路远,等. 草地土壤有机碳储量影响因素研究进展[J]. 中国农学通报,2015,31(23):153.
- [13] 苏永中,赵哈林. 持续放牧和围栏对科尔沁退化沙地草地碳截存的影响[J]. 环境科学,2003,24(4):27.
- [14] 石锋,李玉娥,高清竹,等. 管理措施对我国草地土壤有机碳的影响[J]. 草业学,2009,26(3):12.
- [15] 李永进,代微然,杨春劲,等. 封育和添加牛粪对退化亚高山草甸土壤恢复的影响[J]. 草业科学,2016,33(8):1486,1488,1489.
- [16] 周瑶,马红彬,贾希洋,等. 不同恢复措施对宁夏典型草原土壤碳氮储量的影响[J]. 草业学报,2017,26(12):236.
- [17] 王玉红,马天娥,魏艳春,等. 黄土高原半干旱草地封育后土壤碳氮矿化特征[J]. 生态学报,2017,37(2):378,384.
- [18] 宿婷婷,马红彬,周瑶,等. 黄土丘陵典型草原土壤理化性质对生态恢复措施的响应[J]. 草业学报,2019,28(4):34,40.
- [19] 曹成有,邵建飞,蒋德明,等. 围栏封育对重度退化草地土壤养分和生物活性的影响[J]. 东北大学学报(自然科学版),2011,32(3):427-2011,32(3):429.
- [20] 樊华,杨志国,丛志军,等. 防护林带和封育对沙化草场土壤理化性质的影响[J]. 中国水土保持科学,2007,5(6):45.
- [21] 范燕敏,武红旗,孙宗玖,等. 封育对天山北坡荒漠草地土壤有机碳的影响[J]. 草地学报,2014,11(01):65,66.
- [22] 李强,宋彦涛,周道玮,等. 围封和放牧对退化盐碱草地土壤碳、氮、磷储量的影响[J]. 草业科学,2014,31(10):1811,1815.
- [23] 杨合龙,孙宗玖,管光玉,等. 封育对伊犁绢蒿荒漠草地土壤养分的影响[J]. 中国草地学报,2015,37(2):107,108,109.
- [24] 于双,陶利波,许冬梅,等. 封育对荒漠草原土壤有机碳及其活性组分的影响[J]. 草业学报,2019,28(2):1902.
- [25] 陈智勇,谢迎新,刘苗. 围栏封育高寒草地植物地上生物量和物种多样性对关键调控因子的响应[J]. 草业科学,2019,36(4):1003.
- [26] 何玉惠,赵哈林,刘新平,等. 封育对沙质草甸土壤理化性状的影响[J]. 水土保持学报,2008,22(2):161.
- [27] 李国旗,赵盼盼,邵文山,等. 封育对荒漠草原沙芦草群落土壤粒径分形维数及理化性质的影响[J]. 草地学报,2018,26(3):554.
- [28] 杨静,孙宗玖,巴德木其其格,等. 封育对草地植被功能群多样性及土壤养分特征的影响,中国草地学报[J],2008,40(4):104,105.
- [29] 张云舒,范燕敏,武红旗,等. 封育对山地荒漠土壤微生物量碳及养分的影响[J]. 草业科学,2014,31(5):799,801.
- [30] 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):33,35.
- [31] 孙宗玖,安沙舟,段娇娇. 围栏封育对新疆蒿类荒漠草地植被及土壤养分的影响[J]. 干旱区研究,2009,26(6):877,879,880.

Research Progress on the Effect of Fencing on Grassland Soil Nutrient Improvement

QIN Li-ping¹, BAI Wen-li¹, ZHENG Ting-jie^{2*}

(1. Grassland Workstation of Wuwei City, Wuwei, Gansu 733000; 2. Industrial Development Research Center of Wuwei City, Wuwei, Gansu 733000)

Abstract: Fencing is currently a common restoration measure for degraded grassland, not only beneficial to the restoration of vegetation, but also to the improvement of soil nutrients. This study reviewed the relevant research results of recent years on the impact of fencing on grassland soil organic carbon, nitrogen, phosphorus and potassium content, summarized the factors that affect fencing improvement soil nutrient content, and pointed out the future research directions on degradation, which would provide reasonable basic data and scientific basis for the rationality of grassland fencing benefits and guidance for grassland use.

Key words: degraded grassland; fencing; soil nutrients