



常博然,陈茹岚,薛会英. 西藏地区不同生态系统土壤理化特征及脆弱生态区保护与修复[J]. 黑龙江农业科学, 2024(2):113-119,128.

# 西藏地区不同生态系统土壤理化特征及脆弱生态区保护与修复

常博然<sup>1</sup>,陈茹岚<sup>1</sup>,薛会英<sup>2</sup>

(1. 西藏农牧学院 高原生态研究所,西藏 林芝 860000; 2. 西藏农牧学院 资源与环境学院,西藏 林芝 860000)

**摘要:**土壤在陆表环境中扮演着重要的角色,是陆地生态系统的基本组成成分。土壤的理化特性会影响生物和环境之间的能量传递和物质交换,同时也会对植物群落的组成和生态系统的稳定性产生限制。本文从青藏高原的脆弱生态情况出发,围绕土壤有机质、土壤温、湿度和土壤氮、磷、钾,阐述土壤理化性质与生态环境间相互作用关系,浅析不同生态系统(草原生态系统、湿地生态系统和寒地荒漠生态系统)土壤理化特征,并对脆弱生态系统存在的问题提出应对措施。

**关键词:**青藏高原;生态系统;土壤理化性质

有“世界屋脊”之称的青藏高原,平均海拔可达4 727 m,其中在西藏80%的区域内,海拔均在4 500 m以上<sup>[1]</sup>,是我国重要的生态安全屏障,对于维护全球的生态环境安全至关重要。近年来由于全球变暖、人类活动加剧,对稳定性和安全性较低的西藏高寒生态系统退化的威胁逐渐增加,生态系统脆弱性逐渐显现。其中西藏大多数地区,尤其是高寒草原、高寒荒漠、干旱河谷等地区的生态系统对外表现出不稳定性与敏感性,即脆弱生态系统的自身结构与功能产生易变性,发生区域性生态环境问题的可能性增加<sup>[1]</sup>。土壤是陆地生态系统的基础,是陆表环境的重要组成部分之一。土壤的理化性质不仅影响生物与环境间能量和物质的交换过程,而且影响植物群落组成,制约生态系统的稳定性<sup>[2]</sup>。研究西藏自治区不同生态系统土壤理化特征对土壤中化学物质进行研究分析对青藏高原的生态恢复与生态系统研究具有直接的生态和环境意义<sup>[3-4]</sup>。

土壤是生态系统中不可或缺的元素之一,其理化性质的变化受到不同环境因素的影响,且不同地域的成土因素也会对土壤理化性质产生不同程度的影响,使土壤的形态和演化过程十分复杂,呈现出空间上的异质性和多样性<sup>[5-6]</sup>。土壤理化

性质的分布特征在不同海拔高度上表现出不同的变化趋势,体现出垂直地带性规律<sup>[7-8]</sup>。土壤理化性质受外界因素影响的同时也影响土壤结构、质地和植物群落组成<sup>[9]</sup>。土壤理化性质能够反映生物与环境间的互作关系。在研究土壤理化性质时,有机物质的含量往往是一个至关重要的参考指标。此外,土壤中的磷、氮等营养元素同样不可或缺,其对植物的营养吸收和代谢调节具有重要作用,是植物生长发育所需的重要物质,对土壤的理化性质、功能和土壤生产力有正向影响<sup>[10-11]</sup>,而土壤中微量元素的分布模式也能够反映出所处环境的独特特征。因此,研究土壤微量元素的含量分布对于探究土壤环境质量的演变具有至关重要的意义<sup>[12]</sup>。

脆弱生态系统受自然因素与人为因素长期的综合性影响,自然生态系统的结构与功能均发生显著变化,具体表现为草地退化、水土流失、土地沙化、物种种群数量下降,生态系统原有的保水保土、防风固沙以及生物多样性维持等功能正逐渐减弱<sup>[13-14]</sup>。现有研究表明,土壤理化性质对土质、植被生长等有直接影响,对海拔、降水等也均有相关影响;受自然因素与人为因素影响,土壤特征发生显著变化,最终影响生态系统正常的生态功能。

收稿日期:2023-08-09

基金项目:国家自然科学基金(52170030);西藏自治区第三次土壤普查区级工作技术支持(603323027)。

第一作者:常博然(1999—),男,硕士研究生,从事土壤质量和资源化研究。E-mail:1139844860@qq.com。

通信作者:薛会英(1970—),女,博士,教授,从事土壤生态研究。E-mail:472425717@qq.com。

针对脆弱生态区不同生态系统下土壤属性的独特特征的研究,可以为深入了解脆弱生态系统的现状提供帮助,并增强生态系统的服务功能。但现阶段对于时限持续性的研究较薄弱;针对荒漠生态系统的研究少,未来在对上述问题作出针对性研究的同时,还应着力研究土壤特征与微生物群落间的关系。土壤理化特征能一定程度反映出固定地区的生态环境状况,对研究土壤环境质量演变、改善土壤功能、发现与制定生态系统保护与修复措施具有重要意义。本文针对青藏高原中具有代表性的几种生态系统,对其土壤理化特征进行总结,分析土壤理化特征与生态环境间的关系,并针对不同生态系统提出相应的保护对策。

## 1 不同生态系统土壤理化特征分析

### 1.1 草原生态系统土壤理化特征分析

1.1.1 土壤有机质及含水量 西藏地区草地总占地面积 8 205.19 万  $\text{hm}^2$ , 占西藏总土地面积的 68.11%<sup>[14]</sup>, 其中主要草原类型是高寒草原。土壤的水分状况可以反映出高寒草原土壤特性及其对植被的水分供应能力<sup>[15]</sup>。周启龙<sup>[16]</sup>针对当雄县草原生态系统开展研究,高寒草原类型主要分为高寒半荒漠化草原、高寒灌丛草甸、高寒草甸和高寒沼泽草甸,在对比 4 种草原类型后,研究显示高寒沼泽草甸土壤含水量极高,达到 57.10%。高寒沼泽草甸位于低洼区,土壤含水量高使该区域蒿草种群生长旺盛,因此其可为冷季畜牧取食提供场所。

在土壤有机质中,有机碳含量对全球气候变化有重要作用,是陆地生态系统中不可或缺的一部分<sup>[17]</sup>。有研究表明,不同草原类型会对土壤中的有机质含量产生差异,高寒沼泽草甸有机质含量在 10~20 cm 土层极显著高于其他草原类型,含量达到  $93.47 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;山腰高寒草甸、高寒灌丛草甸、山脊高寒草甸的有机碳含量与海拔呈现逐渐递减的规律<sup>[16]</sup>。大量植物残体最终形成土壤有机质,导致高寒沼泽草甸土壤中的有机质含量最高。另外,高寒草甸中不同类型土壤的有机碳含量在垂直分布方面呈现出不一样的特征,随着土壤深度的增加,有机碳含量逐渐减少<sup>[18-19]</sup>。因此,在西藏主要草地分布区域中,植被类型、海拔高度和土层深度是决定土壤有机碳含量的主要因素,随着海拔高度的升高,土壤有机碳含量逐渐增加,而随着土层深度的增加,土壤有机碳含量逐渐减少。

1.1.2 土壤氮和磷 土壤的氮元素主要来源于植物根系中的固氮菌,它们能够将自然界中的氮素转化为可被植物吸收利用的形式,而氮元素的积累与消耗则与土壤有机碳有关<sup>[20-21]</sup>。有研究发现藏北地区雪格拉山高寒草原生态系统中,不同草地类型土壤氮含量不同,在 0~10 cm 土层深度时,山脊高寒草甸土壤的有效氮含量达到最高值,为  $40.87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,高寒沼泽草甸的土壤在同一高度含有最高全氮量,为  $7.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>[16]</sup>,这两种草地类型的氮含量明显高于其他草地类型,然而,在其他土层深度(10~20 cm 和 20~30 cm)上,各种草地类型的氮含量均没有明显差异。因此,不同的草地类型中氮素的含量有所差异,山脊高寒草甸和高寒沼泽草甸的土壤全氮含量在垂直方向上呈现明显的层次分布。

磷元素的储量和分布在维持草原生态系统功能的正常运作方面扮演着至关重要的角色,这是众多化学元素中不可或缺的一部分<sup>[22]</sup>。高寒灌丛草甸作为土壤全磷含量最高的区域,全磷含量达到  $1.17 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。此外,土壤中的全磷含量也受到放牧强度的影响<sup>[23]</sup>,适度放牧下 10~20 cm 土层中速效磷含量显著增加,与对照和重度放牧相比,差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。因此,全磷含量在不同类型的草原中具有明显差异,尤其在高山灌丛草甸和高寒草甸间的差异更为显著,且放牧活动对土壤中全磷含量影响较为显著。

### 1.2 湿地生态系统土壤理化特征分析

1.2.1 土壤有机质 西藏地区湿地总占地面积为 313 万  $\text{hm}^2$ , 占西藏全区总土地面积的 2.59%, 是中国湿地主要分布地区。湿地生态系统的生产能力与湿地植物所摄取的土壤有机质有着直接关系<sup>[24-25]</sup>。在湿地表层植被未被破坏的区域,土壤中的有机质含量较为丰富。有研究发现,在巴结湿地植被覆盖丰富的地区达 12.89%, 而位于尼洋河与雅鲁藏布江的交汇处湿地的土壤有机质含量为 0.85%<sup>[26]</sup>。此外,西藏地区湿地生态系统中不同湿地的土壤有机质含量均存在一定差异。色季拉山森林沼泽土壤中的有机质含量非常丰富<sup>[27]</sup>, 在其不同沼泽类型中,草甸沼泽的有机质含量最高,为  $102 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 由全国第二次土壤普查,有机质的养分大于  $40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  即属于一级。另有研究发现甘曲湿地、巴嘎雪湿地、拉鲁湿地、茶巴朗湿地的土壤有机质含量分别为 68.96, 64.48, 55.51 和  $56.55 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 也均大于  $40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>[28]</sup>, 而位于

林周县西南部的托门湿地土壤有机质含量较低,仅  $25.58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ <sup>[2]</sup>。因此,在西藏大部分地区的湿地生态系统中,土壤有机质的养分含量较高。

1.2.2 土壤氮、磷、钾 湿地土壤中的氮、磷、钾作为湿地土壤中主要的限制性养分,对植物的生长有直接影响,并进一步对湿地生态系统的平衡和物质循环产生影响<sup>[29-30]</sup>。由于湿地季节性降水和人为因素造成的干旱对湿地有机质含量、植被覆盖度和全氮含量产生影响<sup>[31]</sup>,有研究分析得出,湿地中水的稳定性与其中全氮、全磷、全钾、有机质等的稳定性呈正相关<sup>[32]</sup>。有研究表明森林沼泽中的土壤全氮、速效氮以及全磷含量均与有机质含量呈正相关关系<sup>[33]</sup>,并且与西藏土壤整体的变化趋势保持一致。刘世全等<sup>[34]</sup>研究得出,灌丛沼泽中的速效磷和速效钾含量超过其他类型的森林沼泽,而乔木沼泽在全钾方含量最高。此外,张存等<sup>[26]</sup>研究发现,在尼洋河-雅江流域的巴结湿地植被覆盖度高,该区域的全氮含量达到该流域湿地中的最高值,高达  $0.724\%$ ;位于该流域林芝段的觉木湿地中,在地表下  $10 \sim 20 \text{ cm}$  处且长期存有淤泥的区域,全磷含量为  $0.157\%$ ,即为最高值;觉木湿地地表下  $20 \text{ cm}$  处全钾含量最高,为  $0.679\%$ 。因此,在西藏大部分地区的湿地生态系统中,湿地植物覆盖度高的区域全氮含量高,湿地水分稳定的区域全磷含量高,湿地中水流缓慢且淤泥丰富的区域全钾含量高。

### 1.3 寒地荒漠生态系统土壤理化特征分析

西藏地区的高寒荒漠是一种独特的荒漠类型,分布在青藏高原西北部,海拔在  $4\,200 \sim 5\,500 \text{ m}$  间<sup>[26]</sup>。西藏地区的高寒荒漠主要分布在阿里地区西、北部和那曲地区羌塘高原西北部,具独特且有极其重要的生态地位<sup>[35]</sup>。

西藏地区的高寒荒漠是一种独特的荒漠类型,分布在青藏高原西北部,海拔在  $4\,200 \sim 5\,500 \text{ m}$  间。西藏地区的高寒荒漠主要分布在阿里地区西、北部和那曲地区羌塘高原西北部,具独特且有极其重要的生态地位<sup>[35]</sup>。从土壤有机碳方面分析,土壤的有机碳含量是一个综合指标,能够反映土地利用、气候、水文等多种因素的影响,而在高寒荒漠中,除了海拔高度,还有其他因素对环境产生影响,如地形、土壤类型等。刘淑娟等<sup>[36]</sup>通过研究阿里高寒荒漠区的主要 5 种土壤类型(亚高山草原土、高山草原土、亚高山荒漠草原土、亚高山荒漠土和高山荒漠土),发现高山草原土的土壤平均

有机碳含量均显著高于其他土壤类型,且土壤有机碳含量的平均水平与海拔和土层厚度之间呈现负相关的关系,同时,表层土壤中的有机碳含量也与海拔和土层厚度呈现相同的负相关趋势。此外,研究发现阿里地区的牲畜量,在近 50 年来增加了 1.73 倍,过度放牧导致草原超载严重,草地生态恶化严重,而生长情况相对茂盛的草原则将承受更大的超载压力<sup>[37]</sup>。若无法有效地管理家畜的繁殖率,这一趋势将不断加剧,土壤有机碳含量仍会降低。由此得出,高寒荒漠区的土壤在经历从草原向荒漠演替的过程后,导致土壤有机碳含量发生明显变化,致使土壤质量下降。土壤有机碳含量与海拔、土层厚度间具有微弱相关性,然而伴随海拔升高,土壤中的有机碳含量逐渐减少,并且家畜数量超过土壤承载力会限制植被生长与发育,进一步加剧土壤的退化。

## 2 土壤理化特征与生态环境间的相互作用关系

### 2.1 土壤有机质

土壤有机质是由土壤中的生物活动和化学反应所产生的一种复杂有机物质,是土壤固相组成部分,对土壤的质量和生态系统的健康具有重要影响<sup>[38]</sup>。最新研究表明,土壤有机质和养分的研究对生态系统的健康和可持续发展具有重要意义<sup>[39]</sup>。杨才敏<sup>[40]</sup>研究表明土壤富含有机物,结构紧密,能够吸附大量物质,同时具备出色的保水和保肥能力,从而提高生态系统对环境的适应能力。杨世琦等<sup>[41]</sup>研究表明有机质含量对土壤品质有着直接的影响,而这种影响会进一步影响生态系统的稳定性。西藏高原的高寒生态系统非常脆弱,同时也存在潜在的水土流失风险。水土流失会使土层变薄、透水性和持水性下降,导致土壤肥力降低,严重破坏土地资源<sup>[42-43]</sup>,加剧生态系统的脆弱性。因此,土壤中的有机质含量呈上升趋势时可以增强土壤吸附作用,改善土壤内部结构,提高土壤的通透性,同时可以提高土壤的含水量和水分保持能力。

### 2.2 土壤温、湿度

土壤温、湿度能够直接影响植物的成长和发展,以及动植物遗体的分解,反过来其在一定程度也会受到反馈作用<sup>[44]</sup>。研究发现当 5 月青藏高原土壤中层( $6 \sim 62 \text{ cm}$ )相对湿度较高时,我国南北方降水情况呈现明显的差异,华北和华南地区降水量较多,而江淮地区则相对较少<sup>[45]</sup>。通过监测

生态脆弱区的土壤温、湿度,能够了解该地区植被的生长发育情况<sup>[46]</sup>。李英年等<sup>[44]</sup>的监测结果显示,高寒草甸土壤温、湿度受植被覆盖程度和季节变化的影响,其中植被盖度与土壤温度呈正相关,而与土壤湿度呈负相关。此外,王学佳等<sup>[47]</sup>研究表明多年冻土在青藏高原上普遍存在,其冻融速度受到土壤含水量和温度时空分布的影响。随着土壤温度的升高,冻土的退融速度加快,土壤有机质分解的进程加快<sup>[46]</sup>,导致大量 CO<sub>2</sub> 释放到大气中,进而加强了温室效应的程度。因此,在西藏地区随着土壤温度的增加,在增加植被盖度的同时也会加快全球变暖的进程,而土壤湿度则能于一定程度上反映我国内地的降水情况。

### 2.3 土壤氮、磷、钾

氮在土壤中绝大部分以有机态存在,土壤中氮的含量范围为 0.02%~0.50%,土壤有机态氮含量占土壤全氮的 92%~98%<sup>[48]</sup>。氮素作为陆地生态系统中主要限制因子之一,对植物生长发育和营养均衡分配有重要影响。张杰琦<sup>[49]</sup>和章志龙<sup>[50]</sup>研究发现氮含量的增加能够对陆地植物生态系统造成显著影响,同时导致植物群落构成和物种多样性受到影响。

磷是生态系统中被广泛利用的物质之一,是生物体内的循环过程的主要载体<sup>[51]</sup>,土壤全磷含量很大程度上受土壤母质、形成过程以及人类的农业活动影响<sup>[24]</sup>。磷的存在能够提高植物对氮元素的吸收能力,其对植物成长发育有着极其重要的作用。研究发现磷元素能够显著提高草地生产力并有效减缓草地退化进程<sup>[52]</sup>,磷元素的缺乏是限制高寒草甸生态系统生产力的重要因素。

土壤中的钾是土壤肥力的重要指标,钾离子能够有效调节植物细胞内的电动势,可以促进物质代谢,调节营养元素的活性,调控养分和水分的传输,同时维持细胞的内压,对细胞功能产生重要的影响<sup>[53]</sup>。有研究表明土壤水溶性钾与农作物产量呈正比<sup>[54]</sup>。因此钾元素对植物生长过程的多项生理活动中起着至关重要的作用。另有研究表明样地的成土母质是决定钾元素累积的主要因素<sup>[55]</sup>。由于淋失作用的不显著,碳酸盐土和盐渍土中贮存了大量富含钾矿物和黏土矿物,通常全钾含量和速效钾含量高于其他土壤类型<sup>[53]</sup>。此外,钾离子在土壤溶液中的积累与交换对土壤性质影响明显,有研究表明土壤中钾含量与颗粒细度呈反比关系,与土壤中的黏粒含量呈正比,与风

化程度呈反比<sup>[56]</sup>。

## 3 西藏脆弱生态区不同生态系统保护与修复

### 3.1 草原生态系统保护与修复

草原作为西藏地区的绿色屏障,可以保护森林、保护水土资源、风沙防护、固碳减排<sup>[14]</sup>,在维持青藏高原稳定方面发挥至关重要的作用。但在干旱、风沙、盐碱等不利自然因素以及超载放牧、滥割、樵采等人为因素的影响下发生草地退化致使草原生态系统逐渐恶化,加快了荒漠化的进程<sup>[57-58]</sup>。李生军<sup>[59]</sup>通过对青藏高原退化草地研究发现当草地退化严重植被稀疏时,会促进土壤呼吸作用和风蚀作用,一定程度上会降低草地固碳和氮能力。

治理草地退化,首先,要控制牛羊养殖规模,控制放牧频率,杜绝超载放牧。另外,提高牧民对生态环境保护的整体意识,改变牧民固有思想,草原虽作为牧民生存根本,但并非“取之不尽,用之不竭”。应积极实现草业产业化、商品化和社会化发展<sup>[60]</sup>,积极发展草业多种经营,使草业成为现代化新兴产业。其次,采取围栏封育的方法可以使已退化草原得以恢复。研究发现围栏加灌溉能够修复已被破坏的草原,并能增加退化草地植被群落的盖度、密度与产量,使植物种类增加,丰富地上与地下生物量<sup>[61-64]</sup>。同时加强人工草地的建设,人工草地有利于土壤速效磷含量的积累,进而有利于土壤肥力的积累。增加草地总量也能够缓解天然草场的压力,在防止水土流失、减少沙漠化,提高农牧民的生活水平上也具有重大的意义。

### 3.2 湿地生态系统保护与修复

湿地生态系统可以涵养水源、改善周边小气候,并作为动物繁衍场所在维持物种多样性等方面发挥着重要作用<sup>[65]</sup>。西藏地区的高寒湿地生态系统具有特殊的还原环境,使湿地土壤营养物质在贮存和积累过程中呈现出碳汇的功能<sup>[66-69]</sup>。但外界扰动使湿地生态环境逐渐恶化。重度放牧时,由于家畜的过度采食和踩踏,导致土壤的通气性、渗透性和蓄水能力遭到破坏,同时使湿地上层土壤有机质、全氮含量均呈下降趋势<sup>[69]</sup>。湿地土壤孔隙度发生改变,使湿地土壤表面紧实度和土壤容重增高,进一步导致湿地植被退化。此外,受频繁的人类活动影响,湿地中水土流失加剧,湿地水分条件遭到破坏,湿地土壤干燥程度增加,逐渐出现沙化现象;高原湿地生物生存空间急剧缩小,栖

息地斑块化加剧,动植物生境退化,使物种多样性受到威胁<sup>[70-71]</sup>。

恢复湿地生态系统正常的生态功能。首先,应控制放牧,对重度放牧区实施休牧,使植物群落环境得以改善和土壤肥力恢复<sup>[72]</sup>。其次,在人类活动频繁的区域与湿地交界处种植生态防护林,即在两者间形成物理缓冲带,在保持水土、改良土壤环境、防风固沙的同时,起到维护湿地生物多样性、保护和恢复动植物生境的作用<sup>[71-73]</sup>。同时对湿地实施水系保护、水质保育以及防渗措施,增强湿地生态系统自身的保水能力和水质净化功能,使水在湿地中保持稳定<sup>[73]</sup>。此外,应推进生态补偿制度的建立,开展湿地生态环境可持续性保护,增强湿地自养能力;寻找湿地土壤的合理利用方式,实现资源化、无害化利用。

### 3.3 寒地荒漠生态系统保护与修复

在西藏地区中,藏北、藏西北是西藏高寒荒漠最主要的分布区域,同时也是西藏地区内土地荒漠化最严重的区域。由于藏北高寒荒漠绝大部分土地处于裸露和半裸露状态,植被分布较少,土层含水量较少,且该地区降水较少,局部地区气温逐年上升,气候干燥多风,极易出现风蚀<sup>[74-75]</sup>。邹学勇等<sup>[76]</sup>研究发现,风蚀作用能使土层变薄,土壤结构破坏,有机质含量降低,导致土壤质量下降,加速土壤沙物质积累和土地荒漠化进程,使农田土壤肥力下降,天然草场产草量降低。同时,随着人口增长和资源开发,人口、经济发展与资源供给、环境容量三者间矛盾日益加剧,使环境承载力增大,土地生产力降低;过度放牧加快了原本植被覆盖度低的高寒荒漠区地表的裸露,导致草场严重超载<sup>[75-76]</sup>。

受自然因素和人为活动的影响,西藏北部地区高寒荒漠生态系统荒漠化形势仍有扩展态势。为控制高寒荒漠生态系统荒漠化进程、恢复荒漠化地区生态。应营造防风固沙林,结合封山育林、围栏封育、轮牧休牧等措施,综合防治与恢复<sup>[77]</sup>。同时,选择对温度的耐受程度较高、耐盐碱性强的植物种类,如白梭梭、心叶驼绒藜、罗布麻、盐节木等,进行防沙固沙和保持水土<sup>[78]</sup>。此外,采用新兴技术进行生态监测,遥感技术作为一种较为先进的监测手段,已被广泛应用于全球生态环境监测中,利用其对区域内荒漠化情况进行动态变化监测,健全土地荒漠化监测体系,能够有效提高治理效率<sup>[79]</sup>。

## 4 结论与展望

本文综述了西藏特色生态系统的土壤理化性质,并浅析土壤理化性质与生态环境间的相互作用关系,最后针对西藏脆弱生态区不同生态系统保护与修复提出了相应对策。土壤理化性质与植被类型、海拔等有密切关联,且是能够反映出土壤结构和质地情况、植物生长发育情况、降水情况、该地区是否遭受生态破坏以及后续生态修复情况的一个重要的指标。土壤理化性质与生态间具有紧密关联,该方向的研究对于保护青藏高原这一复杂特殊的生态环境具有重要科学意义,且西藏作为脆弱生态区,土壤理化性质易受外界因素影响。未来,对西藏不同生态系统土壤理化性质研究应注重以下4个方面。

(1)现阶段对西藏地区生态系统土壤理化性质的研究多是从时空差异和空间分异的角度进行分析,但对长时限持续性研究较少,应开展5年以上时限,在固定时限之间进行对比研究,可更深入地分析土壤属性的变化规律,更全面地把握高寒脆弱生态系统土壤特征。

(2)土壤理化性质的改变能在一定程度上反映生态系统受影响的程度,基于众多研究结果,发现超载放牧对土壤理化性质的影响较为显著,且对各类脆弱生态系统均产生严重影响。因此,应控制放牧频率,合理放牧,并在保护生态系统的同时,合理利用并开发土地,在保护好牧区土壤生态环境的同时,照顾好牧民们的利益。

(3)目前,研究表明土壤pH、全碳和全氮对细菌群落的组成有影响<sup>[80-82]</sup>;土壤全碳、全氮和全磷,改变了土壤微生物群落结构<sup>[83-85]</sup>;Li等<sup>[86]</sup>研究发现通过增加土壤氮、磷和其他养分能够增加土壤微生物群落多样性。因此,为提高土壤的可持续发展与环境可持续性,可以着力研究土壤理化特征与微生物优势类群关系,为提高土壤肥力、改善土壤功能提供科学依据。

(4)目前在西藏地区中,与草原和湿地生态系统相比,针对高寒荒漠土壤理化特征的研究较少,可以从空间角度入手,着力研究土壤理化性质与荒漠化间的生态关系,进而对荒漠化实施有针对性的治理。

### 参考文献:

- [1] 钟祥浩,王小丹,刘淑珍,等. 西藏高原生态安全[M]. 北京: 科学出版社,2008.
- [2] 巩玉玲. 西藏拉萨脆弱生态系统土壤理化特征研究[D]. 泰

- 安:山东农业大学,2016.
- [3] 陈美祺,邵全琴,宁佳,等. 青藏高原不同生态地理区生态恢复状况分析[J]. 草地学报,2023,31(4):1211-1225.
- [4] 李月皓,王晓峰,楚冰洋,等. 青藏高原生态屏障生态系统时空演变及驱动机制[J]. 生态学报,2022,42(21):8581-8593.
- [5] 张晓霞,杨宗儒,查同刚,等. 晋西黄土区退耕还林 22 年后林地土壤物理性质的变化[J]. 生态学报,2017,37(2):416-424.
- [6] GAU H S,HSIEH C Y,LIU C W. Application of grey correlation method to evaluate potential groundwater recharge sites[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment,2006,20(6):407-421.
- [7] 孙海燕,万书波,李林,等. 贺兰山西坡不同海拔梯度土壤活性有机碳分布特征及影响因子[J]. 水土保持学报,2014,28(4):194-199,205.
- [8] 杨帆,黄来明,李德成,等. 高寒山区地形序列土壤有机碳和无机碳垂直分布特征及其影响因素[J]. 土壤学报,2015,52(6):1226-1236.
- [9] 王长庭,龙瑞军,王根绪,等. 高寒草甸群落地表植被特征与土壤理化性状、土壤微生物之间的相关性研究[J]. 草业学报,2010(6):25-34.
- [10] GREGORICH E G,CARTER M R,ANGERS D A,et al. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils[J]. Canadian Journal of Soil Science,1994,74(4):367-385.
- [11] 熊顺贵. 基础土壤学[M]. 北京:中国农业大学出版社,2001.
- [12] WANG H,LIU Y M,QI Z M,et al. The estimation of soil trace elements distribution and soil-plant-animal continuum in relation to trace elements status of sheep in Huangcheng area of Qilian Mountain grassland, China[J]. Journal of Integrative Agriculture,2014,13(1):140-147.
- [13] 周伟,钟祥浩,刘淑珍. 西藏高原生态承载力研究:以山南地区为例[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [14] 吴晓燕,平措. 西藏高原草地生态系统及其生态修复研究[J]. 环境保护科学,2021,47(1):109-114.
- [15] 张志伟,尹惠妍,李羊旦,等. 西藏米拉山高寒草甸土壤水分的空间异质性[J]. 高原农业,2021,5(5):452-459.
- [16] 周启龙. 西藏藏北地区不同草原类型区土壤理化性质特征研究[J]. 安徽农业科学,2016,44(20):124-125,142.
- [17] WU F F,LI H Q,JIN L J,et al. Deer antler base as a traditional Chinese medicine:a review of its traditional uses,chemistry and pharmacology[J]. Journal of Ethnopharmacology,2013,145(2):403-415.
- [18] SMITH J L,HALVORSON J J,BOLTON H. Soil properties and microbial activity across a 500 m elevation gradient in a semi-arid environment[J]. Soil Biology and Biochemistry,2002,34(11):1749-1757.
- [19] 丁咸庆,马慧静,朱晓龙,等. 大围山不同海拔森林土壤有机碳垂直分布特征[J]. 水土保持学报,2015,29(2):258-262.
- [20] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理和施肥[M]. 北京:化学工业出版社,1998.
- [21] 傅华,裴世芳,张洪荣. 贺兰山西坡不同海拔梯度草地土壤氮特征[J]. 草业学报,2005,14(6):50-56.
- [22] 张宝香,金春爱,赵延平. 鹿角盘的化学成分与开发利用[J]. 特种经济动植物,2005,8(12):7-9.
- [23] FARMAKIS L,KOLIADIMA A,KARAIKAKIS G,et al. Study of the influence of surfactants on the size distribution and mass ratio of wheat starch granules by sedimentation/steric field-flow fractionation[J]. Food Hydrocolloids,2008,22(6):961-972.
- [24] 刘莹,金礼吉,徐永平,等. 机械化学法辅助提取刺五加总黄酮的工艺研究[J]. 时珍国医国药,2007,18(12):2889-2891.
- [25] 宋春娜,王洋,金礼吉,等. 微切助互作技术辅助提取穿心莲内酯的工艺研究[J]. 时珍国医国药,2008,19(11):2638-2641.
- [26] 张存,柳斌,张文贤. 西藏尼洋河:雅江流域林芝段河谷湿地土壤理化性质研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(31):19119-19121.
- [27] 赵矿,葛立雯. 西藏色季拉山不同类型森林沼泽植被土壤特征研究[J]. 西藏科技,2014(10):71-74.
- [28] 孙晶. 拉萨河流域下游湿地土壤重金属分布特征和生态风险评价[D]. 拉萨:西藏大学,2022.
- [29] 彭佩钦,张文菊,童成立,等. 洞庭湖湿地土壤碳、氮、磷及其与土壤物理性状的关系[J]. 应用生态学报,2005,16(10):1872-1878.
- [30] GRUNWALD S,REDDY K R,PRENGER J P,et al. Modeling of the spatial variability of biogeochemical soil properties in a freshwater ecosystem[J]. Ecological Modelling,2007,201(3/4):521-535.
- [31] 张文贤,张存,柳斌,等. 西藏巴结湿地生态系统特征及其保护对策[J]. 安徽农业科学,2009,37(34):17050-17051,17057.
- [32] 熊健,巴桑,张娜,等. 拉萨城区及周边农田土壤的主要性质和重金属分布初探[J]. 高原科学研究,2021,5(4):16-24.
- [33] 刘世全,高丽丽,蒲玉琳,等. 西藏土壤有机质和氮素状况及其影响因素分析[J]. 水土保持学报,2004,18(6):54-57,67.
- [34] 刘世全,张宗锦,王昌全,等. 西藏酸性土壤的酸度特征[J]. 土壤学报,2005,42(2):211-218.
- [35] 吴波,苏志珠,陈仲新. 中国荒漠潜在发生范围的修订[J]. 中国沙漠,2007,27(6):911-917,1093-1094.
- [36] 刘淑娟,魏兴琥,郑倩倩,等. 西藏阿里高寒荒漠区土壤有机碳含量特征[J]. 中国沙漠,2020,40(4):234-240.
- [37] 畅慧勤. 西藏阿里草原生态承载力研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [38] 王乃昂,伍光和田连恕. 自然地理科学[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,2005.
- [39] 李雪杰,陈杰,常帅,等. 草原土壤有机质和速效养分的空间分布及主控因子分析[J]. 草地学报,2023,31(6):1798-1809.
- [40] 杨才敏. 土壤有机质与水土流失的关系定量研究[J]. 水土保持研究,2008,15(5):177-179.
- [41] 杨世琦,杨正礼. 黄土高原生态系统演替进程中土壤有机质和 pH 值变化规律[J]. 水土保持研究,2008,15(2):159-163.
- [42] 马瑞萍,韦泽秀,卓玛. 西藏农田土壤有机质研究进展和展望[J]. 中国农学通报,2015,31(11):243-247.
- [43] 刘效东,乔玉娜,周国逸. 土壤有机质对土壤水分保持及其

- 有效性的控制作用[J]. 植物生态学报, 2011, 35(12): 1209-1218.
- [44] 李英年,王勤学,杜明远,等. 草毡寒冻锥形土有机质补给、分解及大气 CO<sub>2</sub> 通量交换[J]. 草地学报, 2006, 14(2): 165-169.
- [45] 王瑞,李伟平,刘新,等. 青藏高原春季土壤湿度异常对我国夏季降水影响的模拟研究[J]. 高原气象, 2009, 28(6): 1233-1241.
- [46] 王洋,刘景双,王全英. 冻融作用对土壤团聚体及有机碳组分的影响[J]. 生态环境学报, 2013, 22(7): 1269-1274.
- [47] 王学佳,杨梅学,万国宁. 藏北高原 D105 点土壤冻融状况与温湿特征分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(1): 56-63.
- [48] 易秀,杨胜科,胡安焱. 土壤化学与环境[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [49] 张杰琦. 氮素添加对青藏高原高寒草甸植物群落结构的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
- [50] 章志龙. 氮素添加对青藏高原东缘高寒草甸植物群落花期物候和群落结构的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [51] 陈亚明,吴自立,朱兴运,等. 高山禾草: 嵩草型草地的磷循环[J]. 草业学报, 1995, 4(2): 75-79.
- [52] 乐炎舟,鲍新奎,张金霞,等. 高山草甸土营养物质与植物生长关系的研究[J]. 中国草原, 1980, 2(10): 28-33.
- [53] 于杰. 内蒙古七个畜牧业旗草原土壤水溶性 Ca、Fe、Zn、Mg、K 分布特征研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2021.
- [54] 黄绍文,金继运. 土壤钾形态及其植物有效性研究进展[J]. 土壤肥料, 1995(5): 23-29.
- [55] 刘苗,刘国华. 土壤有机碳储量估算的影响因素和不确定性[J]. 生态环境学报, 2014, 23(7): 1222-1232.
- [56] 李长宝,太史怀远. 土壤基础理论学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2010.
- [57] 国家质量监督检验检疫总局. 天然草地退化、沙化、盐渍化的分级指标: GB 19377—2003[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [58] 慈建勋. 天然草地改良技术研究[J]. 今日畜牧兽医, 2022, 38(9): 78-79.
- [59] 李生军. 研究退化草地改良对土壤理化性质和有机碳氮的影响[J]. 农家参谋, 2018(16): 108, 171.
- [60] 辛盛鹏,加央旦培. 西藏河谷地带人工种草发展与对策[J]. 中国畜牧业, 2012(6): 32-35.
- [61] 杨铭. 青海省退化草地改良技术研究[J]. 养殖与饲料, 2018(9): 135-136.
- [62] 曲广鹏. 西藏人工种草现状、存在问题及对策[J]. 西藏农业科技, 2019, 41(2): 53-55.
- [63] 沈景林,谭刚,乔海龙,等. 草地改良对高寒退化草地植被影响的研究[J]. 中国草地, 2000(5): 49-54.
- [64] 王立亚. 青海省海南州地区草地封育后植被变化特征分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(28): 12149-12150.
- [65] 万小松,普确吉,李瑞雪,等. 林周县白朗沼泽湿地植物群落结构与植物物种多样性[J]. 西藏科技, 2019(2): 62-65, 68.
- [66] 全川,曾从盛. 湿地生态系统碳循环过程及碳动态模型[J]. 亚热带资源与环境学报, 2006, 1(3): 84-92.
- [67] 胡启武,吴琴,刘影,等. 湿地碳循环研究综述[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2381-2386.
- [68] 杨平,全川. LUCC 对湿地碳储量及碳排放的影响[J]. 湿地科学与管理, 2011, 7(3): 56-59.
- [69] 张静. 放牧对西藏高寒典型湿地土壤碳、氮分布的影响[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(18): 4660-4663.
- [70] 华国春,黄川友,李艳玲,等. 拉萨拉鲁湿地生态恢复与重建对策研究[J]. 水资源保护, 2007, 23(6): 93-96.
- [71] 文汲,邢元军,吴照柏,等. 西藏重要湿地保护与恢复对策研究[J]. 中南林业调查规划, 2021, 40(2): 22-26.
- [72] 舒勇,唐梓钧,陆鹏飞,等. 西藏类乌齐紫曲河国家湿地公园湿地保护与恢复措施探讨[J]. 中南林业调查规划, 2016, 35(3): 29-32.
- [73] 王磊,马立荣,徐志高,等. 林周县甘曲湿地保护与恢复研究[J]. 绿色科技, 2021, 23(16): 162-165.
- [74] 冯强,甘世书,孙继霖,等. 西藏荒漠化现状及防治措施探讨[J]. 中南林业调查规划, 2012, 31(1): 18-20.
- [75] 袁文丽,丁云春. 西藏土地荒漠化成因分析及防治初探[J]. 林业建设, 2009(1): 59-61.
- [76] 邹学勇,董光荣,李森,等. 西藏荒漠化及其防治战略[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 17-24.
- [77] 赵建新. 国内外荒漠化状况与西藏防沙治沙[J]. 林业建设, 2007(1): 25-28.
- [78] 柳平增,王雪,宋成宝,等. 基于大数据的西藏荒漠化治理植物优选与验证[J]. 农业工程学报, 2020, 36(10): 166-173.
- [79] 拉巴,扎西欧珠,白玛央宗,等. 基于 MODIS 数据的西藏荒漠化遥感监测研究[J]. 气象与环境科学, 2019, 42(4): 39-46.
- [80] DAWUD S M, RAULUND-RASMUSSEN K, DOMISCH T, et al. Is tree species diversity or species identity the more important driver of soil carbon stocks, C/N ratio and pH? [J]. Ecosystems, 2016, 19(4): 645-660.
- [81] BÁRCENAS-MORENO G, BÅÅTH E, ROUSK J. Functional implications of the pH-trait distribution of the microbial community in a re-inoculation experiment across a pH gradient[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2016, 93: 69-78.
- [82] CHO S J, KIM M H, LEE Y O. Effect of pH on soil bacterial diversity[J]. Journal of Ecology and Environment, 2016, 40(1): 1-9.
- [83] MENDES L W, BROSSI M J D, KURAMAE E E, et al. Land-use system shapes soil bacterial communities in Southeastern Amazon region [J]. Applied Soil Ecology, 2015, 95: 151-160.
- [84] DENG J J, YIN Y, ZHU W X, et al. Variations in soil bacterial community diversity and structures among different revegetation types in the Baishilazi nature reserve [J]. Frontiers in Microbiology, 2018, 9: 2874.
- [85] ZHAO F Z, BAI L, WANG J Y, et al. Change in soil bacterial community during secondary succession depend on plant and soil characteristics[J]. CATENA, 2019, 173: 246-252.
- [86] LI X, ZHANG Y, SONG S M, et al. Bacterial diversity patterns differ in different patch types of mixed forests in the upstream area of the Yangtze River Basin [J]. Applied Soil Ecology, 2021, 161: 103868.

- 科技,2017,35(12):79,81.
- [7] 赵丹,温玲,徐广彬,等. 露地南瓜覆膜大垄双行反方向爬栽培技术[J]. 北方园艺,2019(8):180-182.
- [8] 林宝祥,王琳,刘通,等. 抗病毒病大白菜新品种“龙白十一号”的选育[J]. 北方园艺,2017(21):217-219.
- [9] 史庆馨,于非,宋承泽,等. 黄心大白菜新品种“龙白12”的选育[J]. 北方园艺,2022(15):158-160.
- [10] 赖佳,韦树谷,黄玲,等. 白菜类蔬菜种质资源抽薹性状鉴定评价[J]. 中国农学通报,2022,38(28):41-47.
- [11] 刘英,汪磊. 黑龙江省籽用南瓜病虫害综合防治技术[J]. 吉林蔬菜,2014(S1):34-35.
- [12] 孙中义,康庆华,姜卫东,等. 北方寒地籽用南瓜绿色高产栽培技术[J]. 现代农业科技,2021(24):54-56.
- [13] 陆杰,王珣,窦道龙,等. 黑龙江省籽用南瓜疫病病原菌致病力分析与抗性种质资源评价[J]. 植物病理学报,2021,51(1):49-58.
- [14] 春白菜棚室栽培技术规程:AASHTO T 315—2022[S]. 哈尔滨:黑龙江省市场监督管理局,2022.
- [15] 刘学硕,李香葆,崔佳月,等. 不同间作栽培模式对大白菜生长品质和土壤养分的影响[J/OL]. 分子植物育种:1-11 (2023-06-12)[2023-10-23]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230612.1737.022.html>.

## Cultivation Technology for Pumpkin Intercropping with Chinese Cabbage in Cold Regions Using Open Field Frame-Style

WANG Lidong<sup>1</sup>, FENG Yixin<sup>1</sup>, LI Zhugang<sup>2</sup>, ZHAO Wei<sup>3</sup>, MENG Xuejiao<sup>1</sup>, WANG Lin<sup>1</sup>, ZHAO Dan<sup>1</sup>, FU Yongkai<sup>1</sup>

(1. Horticulture Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150069, China; 2. Institute of Crop Tillage and Cultivation, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150023, China; 3. Biotechnology Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150023, China)

**Abstract:** Heilongjiang is an important base for pumpkin cultivation, food processing and the vegetables from the north are transported from the south in our country. In recently years, in order to developing Heilongjiang's pumpkin industry in better, increasing the economic benefits, Heilongjiang Pumpkin System team were trying to adopt the frame-style cultivation pumpkin interplanting Chinese cabbage, the pumpkin showed high fruit setting rate, early harvest and good commodity; Chinese cabbage showed good quality and strong growth also. And this cultivation mode is not affected by climate and environment, it is more suitable to produce high quality pumpkin and early-maturing Chinese cabbage in small area of Heilongjiang Province.

**Keywords:** cold regions; frame-style cultivation; pumpkin; Chinese cabbage

(上接第 119 页)

## Soil Physical and Chemical Characteristics of Different Ecosystems in Xizang and Protection and Restoration of Vulnerable Ecological Areas

CHANG Boran<sup>1</sup>, CHEN Rulan<sup>1</sup>, XUE Huiying<sup>2</sup>

(1. College Plateau Ecology Institute Xizang Agriculture and Animal Husbandry, Linzhi 860000, China; 2. Resources and Environment College, Xizang Agriculture and Animal Husbandry, Linzhi 860000, China)

**Abstract:** Soil plays an important role in the land surface environment and is the basic component of terrestrial ecosystem. The physical and chemical properties of soil will affect the energy transfer and material exchange between organisms and the environment, and also limit the composition of plant communities and the stability of ecosystems. Starting from introducing the fragile ecological situation of Qinghai-Xizang Plateau, this paper expound the interaction between soil physical and chemical properties and ecological environment around soil organic matter, soil temperature and humidity and soil nitrogen, phosphorus and potassium, analyzed the soil physical and chemical characteristics of different ecosystems (grassland ecosystem, wetland ecosystem and cold desert ecosystem), and proposed some countermeasures for the problems existing in fragile ecosystems.

**Keywords:** Qinghai-Xizang Plateau; ecosystem; soil physical and chemical properties