

任美霖,王绍明,张霞,等. 准噶尔盆地南缘 2 种禾本科植物根鞘土壤理化性质、微生物数量及土壤酶活性研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(5):227-231.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.05.060

# 准噶尔盆地南缘 2 种禾本科植物根鞘土壤理化性质、微生物数量及土壤酶活性研究

任美霖,王绍明,张霞,杨美玲

(石河子大学生命科学学院,新疆石河子 832000)

**摘要:**选取准噶尔盆地南缘绿洲-沙漠过渡地带为试验区,研究 2 种禾本科植物根鞘土壤理化性质、微生物数量和土壤酶活性的变化及它们之间的相关性,旨在探讨根鞘对植物微生境的土壤性质、微生物数量的影响,为该区的生态恢复提供一定的科学依据。结果表明:与根鞘外围土壤相比,根鞘土壤含水率、微生物数量及有机质、全氮、速效钾的含量提高了,蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶、磷酸酶等活性提高了,土壤 pH 值、电导率和速效磷的含量降低了。相关性分析表明,含水率和全氮是影响微生物数量的主要因素,蔗糖酶和脲酶与微生物数量、土壤理化因子之间均有不同程度的相关性。由此可见,根鞘可以有效改善土壤理化性质,增加微生物数量,降低土壤 pH 值和含盐量,并且能够显著提高土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶、磷酸酶的活性,进一步证明了根鞘具有生态功能。

**关键词:**准噶尔盆地;根鞘;土壤理化性质;微生物数量;酶活性

**中图分类号:** S154.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)05-0227-05

准噶尔盆地南缘是新疆经济开发活动最剧烈的地区,人类的土地利用活动强烈地影响着该地区的原生生态,土地沙漠化是对该地区绿洲安全最严重的威胁之一,沙漠化防治是区域生态保护与建设的热点<sup>[1]</sup>。该地区生态系统的稳定性

原本就很脆弱,人类持续的经济开发引起土地利用类型发生根本变化,生态环境安全形势严峻。准噶尔盆地南缘原生荒漠植被类型及其特有植物种类对抵御风沙、稳定生态系统平衡起着重要而关键的作用,并且这些特殊的植物群落及土著植物种类在结构和功能等各方面表现出良好的生境适应性,它们的健康生存与发育维持着区域生态系统的持续性和稳定性。

在沙漠化防治与植物恢复等生态学问题上,研究者们目光越来越多地集中在植物自身抗旱抗盐机制上。在植物根系对干旱的响应机制方面,国内外学者有了新的发现,并引入了“根鞘”这一研究热点。根鞘(rhizosheath)是指由土壤颗粒通过根系和微生物分泌的黏液物质组成的紧密鞘状结构<sup>[2]</sup>。

收稿日期:2016-09-28

基金项目:新疆生产建设兵团社会发展科技攻关与成果转化计划(编号:2015AD023)。

作者简介:任美霖(1991—),女,四川遂宁人,硕士,主要从事资源植物研究。E-mail:836177629@qq.com。

通信作者:王绍明,博士,教授,主要从事植物生态研究。E-mail:westwild@vip.sina.com。

5 条入湖径流总量为  $8.04 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$ ,入湖河流径流量大小排列次序为扁担河 > 北干河 > 湟里河 > 中干河 > 夏溪河;5 条入湖河流污染物通量氨氮含量为  $865.46 \text{ t}/\text{年}$ 、总氮含量为  $1\,654.75 \text{ t}/\text{年}$ 、COD 为  $16\,219.74 \text{ t}/\text{年}$ ,主要污染物入湖通量大小排列次序为扁担河 > 湟里河 > 北干河 > 夏溪河 > 中干河。

湖泊底泥分布相对较浅,平均深度为  $0.25 \text{ m}$ ,最深为  $2.5 \text{ m}$ ,底泥蓄积量约为  $5\,100 \text{ 万 m}^3$ ,底泥中沉积的氮、磷总量分别为  $44\,370$ 、 $18\,168 \text{ t}$ ,每年向水体释放的总氮、总磷量分别为  $562.22$ 、 $19.16 \text{ t}$ 。

## 参考文献:

- [1] 金明德,赵忠和,李永达. 突出生态历史保护与科学开发涸湖[J]. 常州工学院学报(社会科学版),2006,24(1):8-10.
- [2] 刘其根,孔优,陈立侨,等. 网围养殖对涸湖底栖动物群落组成及物种多样性的影响[J]. 应用与环境生物学报,2005,11(5):

566-570.

- [3] 吴云波,郑建平. 涸湖入湖污染物控制对策研究[J]. 环境科技,2010,23(增刊1):12-14,19.
- [4] 高亚岳,周俊,陈志宁,等. 涸湖富营养化进程中沉水植被的演替及重建设想[J]. 江苏环境科技,2008,21(4):21-24.
- [5] 陈立婧,彭自然,孔优佳,等. 江苏涸湖浮游藻类群落结构特征[J]. 生态学杂志,2008,27(9):1549-1556.
- [6] 彭自然,陈立婧,江敏,等. 涸湖水质调查与富营养状态评价[J]. 上海水产大学学报,2007,16(3):252-258.
- [7] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 3 版. 北京:中国环境科学出版社,1997:446-457.
- [8] 涸湖 1/5 千水地形测量及淤深测量技术报告[R]. 江苏省水文水资源勘测局常州分局,2008.
- [9] 涸湖(武进)生态清淤工程项目建议书[R]. 江苏省太湖水量规划设计院有限公司,2009.
- [10] 黄文钰,舒金华,吴延根. 涸湖氮、磷平衡研究[J]. 湖泊科学,1996,8(4):330-336.

到目前为止,研究发现具有根鞘结构的植物主要生长在干旱、营养贫瘠的环境中,常见于禾本科植物。有大量研究指出,根鞘具有防风固沙<sup>[3]</sup>、保持土壤肥力<sup>[4]</sup>的作用,能够改善植物生存的微环境;根鞘可以防止高温灼烧、低温冻伤,减少流沙给植物带来的机械损伤<sup>[5]</sup>,缓解非生物压力<sup>[6]</sup>,具有较好的保护和绝缘作用等生态功能。根鞘是影响土壤理化性质及土壤质量的关键因素,植物通过根系与土壤直接接触形成统一整体,根鞘作为土壤-植物生态系统物质交换的活跃界面,是植物根系吸收营养的直接平台与媒介<sup>[7]</sup>。植物在生长过程中,根际分泌物可以改变土壤 pH 值、活化难溶养分,并促使养分在土壤环境及植物体内的转化<sup>[8]</sup>。微生物数量、土壤酶活性及养分特征对于评价土壤质量与养分状况有重要意义,一直是研究根鞘土壤与其外围土壤特性的热点内容<sup>[9-10]</sup>。

因此,本研究以准噶尔盆地南缘地区为试验区,研究芨芨草(*Achnatherum splendens*)和羽毛针禾(*Stipagrostis pennata*)2种禾本科植物根鞘结构对土壤理化性质、微生物数量和土壤酶活性的影响,研究土壤理化性质、微生物数量与土壤酶活性之间的相关关系及影响土壤酶活性的重要因素,以期为准噶尔盆地地区的生态恢复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于准噶尔盆地南缘绿洲-沙漠过渡地带,地理位置 44°44'N、85°56'E,属于温带干旱气候,年平均气温 6~10℃,极端最高气温为 43℃,极端最低气温为-42.8℃;空气相对湿度平均为 50%~60%;常年降水量在 150 mm 左右,沙漠腹地仅有 70~100 mm,而蒸发量却高达 2 000 mm,是降水量的 20~30 倍。该区域为西风气流,年平均风速为 1.9 m/s,年平均风沙日数约为 119 d,起沙风(≥6 m/s)集中于 4—9 月,以 4—6 月最为强劲。本研究地区典型植物物种有梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、羽毛针禾、芨芨草、华北驼绒藜(*Ceratoides arborescens*)、鹤虱(*Lappula myosotis*)、猪毛菜(*Salsola collina*)、白茎绢蒿(*Seriphidium terraalbae*)、齿稈草(*Schismus arabicus*)、角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)等。

1.2 样品采集

2 种典型的禾本科植物为羽毛针禾和芨芨草,于 2015 年 10 月在新疆石河子农八师 147 团典型沙漠区的半固定沙丘上随机选取长势、植株大小相似的羽毛针禾单优斑块作为样地;于 2015 年 9 月在新疆奎屯泉沟水库旁的荒地区域随机选取长势、植株大小相似的芨芨草单优斑块作为样地。在样地内设置 3 个 5 m×5 m 的样方,每个样方内选取 5~10 株植株,挖取与根系深度相同的土壤剖面(羽毛针禾根系的挖取深度为 40 cm,芨芨草的挖取深度为 40~80 cm),小心采集植株根系土壤,抖落周围杂土,将完整的根鞘装入封口袋中,带回实验室后将根系上剥离的土作为根鞘土壤样品(土壤直径控制在 1.0~2.5 mm 以内),分别混合;同时在每个样方内采集与植株根系等深度的外围土壤,进行混合,装入备好的密封袋中。带回实验室,将土壤分成 2 部分,一部分过 2 mm 筛后放入 4℃冰箱内保存,用于土壤酶活性的测定和微生物计数;一部分土样将其风干过筛后用于土壤理化指标的测定。4 种土样类型为芨芨草根鞘土壤(简称 JG)、芨芨草根鞘外围土壤

(简称 JW)、羽毛针禾根鞘土壤(简称 YG)和羽毛针禾根鞘外围土壤(简称 YW)。

1.3 土壤理化性质测定

土壤含水率、pH 值、电导率与有机质、全氮(简称 TN)、碱解氮(简称 AN)、全磷(简称 TP)、速效磷(简称 AP)等含量的测定方法参照乔胜英《土壤理化性质实验指导书》<sup>[11]</sup>。

1.4 土壤酶活性测定

过氧化氢酶、蔗糖酶、脲酶和磷酸酶的活性测定参照关松荫《土壤酶及其研究法》<sup>[12]</sup>。

1.5 土壤微生物计数方法

土壤微生物数量采用稀释平板测数法计数,分别测定细菌、真菌、放线菌的数量。细菌用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基培养;放线菌用高氏 1 号琼脂培养基培养;真菌用马丁(Martin)-孟加拉红琼脂培养基培养。每个处理重复 3 次,3 个稀释度,其中细菌采用 10<sup>-1</sup>、10<sup>-2</sup>、10<sup>-3</sup> 稀释浓度培养,放线菌采用 10<sup>-1</sup>、10<sup>-2</sup>、10<sup>-3</sup> 稀释浓度培养,真菌采用 10<sup>-1</sup>、10<sup>-2</sup>、10<sup>-3</sup> 稀释浓度培养。30℃培养后分别对细菌、放线菌、真菌菌落数进行计数。

1.6 数据处理

采用 Excel 和 SPSS 19.0 软件进行数据统计、分析和处理。

2 结果与分析

2.1 根鞘土壤与其外围土壤的物理性状比较

土壤理化性质是评价土壤质量的直观基础要素,土壤含水率、电导率、pH 值则是表征干旱荒漠区最敏感的指标。由表 1 可知,2 种植物所在的生境存在较大的差异,但根鞘与其外围土壤之间的差异具有相同的趋势。芨芨草根鞘土壤中的物理性状指标除了 pH 值外,其余均显著高于羽毛针禾( $P<0.05$ )。无论是芨芨草还是羽毛针禾,其根鞘土壤的含水率都显著高于其根鞘外围土壤( $P<0.05$ ),再一次证明了根鞘是植物的潜在“水库”,表明根鞘促使水分在根区聚集,提高了根区的含水率,对植物起到了保水的生态作用,有利于植物对干旱环境的适应。根鞘土壤的 pH 值与其外围土壤之间没有显著差异,但都表现出根鞘土壤 pH 值小于其外围土壤。根鞘土壤的电导率都小于其外围土壤,这与根鞘较高的含水率一致。

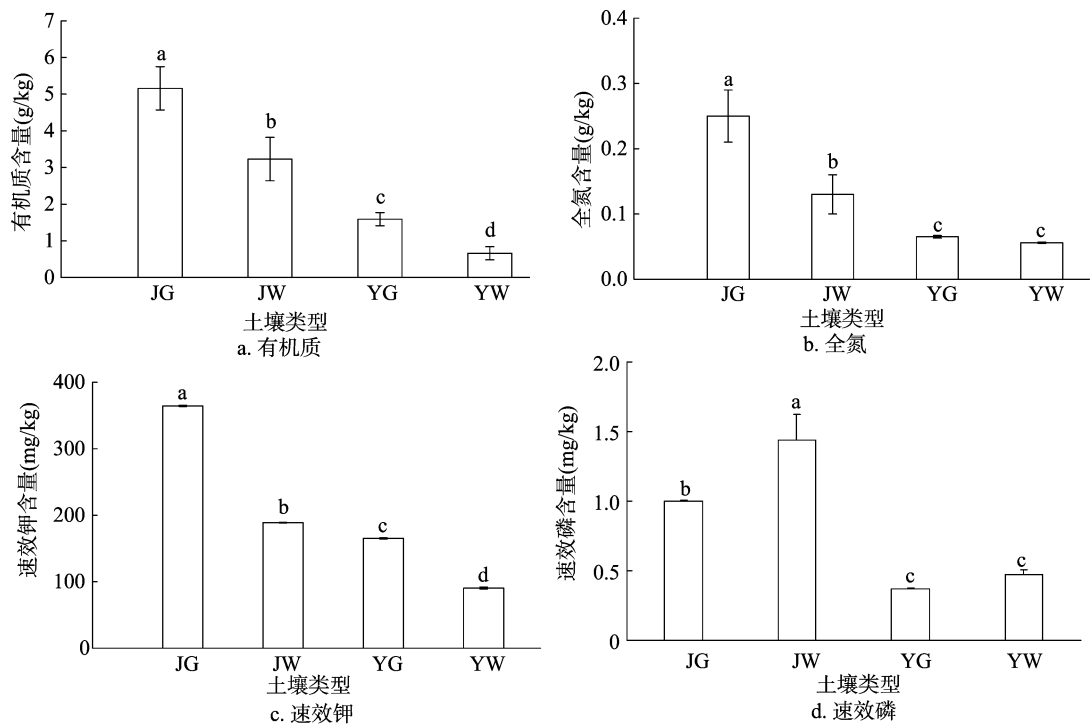
表 1 根鞘土壤与其外围土壤的物理性状

土壤类型	含水率 (%)	pH 值	电导率 (μS/cm)
JG	8.6±0.003a	7.93±0.25b	1 368.00±14.00b
JW	2.9±0.00b	8.20±0.00b	1 444.00±12.13a
YG	3.1±0.001b	9.06±0.15a	232.33±15.63c
YW	0.5±0.00c	9.40±0.00a	268.67±16.01c

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下表同。

2.2 根鞘土壤与其外围土壤养分比较

土壤有机质、全氮、速效钾和速效磷属于土壤化学性质范畴,是土壤基本属性,能够反映土壤的肥力。由图 1 可知,除了速效磷以外,其余的土壤化学指标呈现的趋势均一致:芨芨草根鞘土壤>芨芨草根鞘外围土壤>羽毛针禾根鞘土壤>羽毛针禾根鞘外围土壤,其中有机质和速效钾含量在 4 种土壤



不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

图1 根鞘土壤与其外围土壤化学性质

类型中均存在显著差异 ( $P<0.05$ ),且都表现为根鞘大于其外围土壤。而速效磷含量却表现为芡芡草根鞘外围土壤 > 芡芡草根鞘土壤 > 羽毛针禾外围土壤 > 羽毛针禾根鞘土壤,这可能与根鞘的 pH 值有关。

2.3 根鞘土壤与其外围土壤微生物数量比较

土壤微生物数量直接影响土壤的生物化学活性及土壤养分的组成与转化,是评价土壤肥力的重要指标之一。土壤微生物的 3 大类群(细菌、放线菌和真菌)是构成土壤微生物的

主要生物类群,其数量变化通常能反映土壤生物活性水平,显示土壤中物质代谢的旺盛程度<sup>[13]</sup>。由表 2 可知,在 4 种土壤类型中土壤微生物数量的变化趋势均为细菌数 > 放线菌数 > 真菌数。2 种植物根鞘土壤微生物量均存在显著差异,芡芡草根鞘土壤 > 羽毛针禾根鞘土壤。芡芡草根鞘显著提高了土壤中细菌、真菌和放线菌的数量( $P<0.05$ ),羽毛针禾根鞘土壤中细菌数、放线菌数和真菌数均大于其外围土壤,其中细菌数存在显著差异( $P<0.05$ )。

表 2 根鞘土壤与其外围土壤微生物量

CFU/g

土壤类型	细菌数	放线菌数	真菌数
JG	$2.24 \times 10^6 \pm 2.80 \times 10^5$ a	$3.53 \times 10^5 \pm 1\ 1547$ a	$1\ 133.33 \pm 115.47$ a
JW	$8.33 \times 10^5 \pm 1.36 \times 10^5$ b	$1.67 \times 10^5 \pm 1\ 1547$ b	$66.67 \pm 57.74$ b
YG	$5.87 \times 10^5 \pm 2.05 \times 10^5$ b	$1\ 433.33 \pm 321.46$ c	$166.67 \pm 57.74$ b
YW	$8.00 \times 10^4 \pm 1.00 \times 10^4$ c	$666.67 \pm 378.59$ c	$66.67 \pm 57.74$ b

2.4 根鞘土壤与其外围土壤酶活性比较

土壤酶既是土壤中有有机物转化的执行者,又是植物营养元素的活性库,特别是蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和磷酸酶在植物生长所需养分的供给及土壤养分循环中扮演着重要角色。根鞘土壤与其外围土壤酶活性的检测结果表明,根鞘土壤中蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和磷酸酶活性均显著高于根鞘外围土壤( $P<0.05$ ),且都具有相同的趋势,芡芡草根鞘土壤 > 芡芡草根鞘外围土壤 > 羽毛针禾根鞘土壤 > 羽毛针禾根鞘外围土壤(表 3)。各类氧化酶和水解酶能够有效增加土壤有机质的转化,促进根鞘土壤养分的循环。其中脲酶活性可达其外围土壤的 3 倍左右,再次表明根鞘能够为植株储备氮素。

2.5 土壤中各因子与微生物数量之间相关性分析

利用 Pearson 相关系数对不同土壤类型的土壤理化性质、微生物数量与土壤酶活性的相关性进行分析(表 4)。结果表

表 3 根鞘土壤与其外围土壤酶活性

土壤类型	蔗糖酶活性 (mg/g)	脲酶活性 (mg/g)	过氧化氢酶活性 (mL/g)	磷酸酶活性 (mg/g)
JG	$4.02 \pm 0.04$ a	$1.040 \pm 0.02$ a	$1.23 \pm 0.02$ a	$0.26 \pm 0.001$ a
JW	$2.65 \pm 0.02$ b	$0.460 \pm 0.01$ b	$1.01 \pm 0.01$ b	$0.54 \pm 0.003$ b
YG	$2.03 \pm 0.01$ c	$0.220 \pm 0.01$ c	$0.80 \pm 0.02$ c	$0.22 \pm 0.004$ c
YW	$0.74 \pm 0.02$ d	$0.068 \pm 0.01$ d	$0.59 \pm 0.03$ d	$0.03 \pm 0.002$ d

注:蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法,酶活性以 24 h 后 1 g 干土生成葡萄糖的质量(mg)表示;脲酶采用苯酚钠比色法测定,酶活性以 24 h 后 1 g 土生成的氨的质量(mg)表示;过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定,酶活性以 1 g 风干土壤滴定所需 0.1 mol/L  $\text{KMnO}_4$  的体积(mL)表示;碱性磷酸酶活性的测定采用磷酸苯二钠比色法,酶活性以 24 h 后 1 g 土产生的酚的质量(mg)表示。

明:细菌数量与含水率呈显著相关关系( $P<0.01$ ),与有机质、全氮和速效磷呈显著相关关系( $P<0.05$ );放线菌数量与全氮呈极显著相关关系( $P<0.01$ ),与有机质呈显著相关关系;真菌只与含水率呈显著相关关系( $P<0.05$ ),说明含水率和全氮是影响微生物数量的主要因素。蔗糖酶与有机质、速效钾、细菌菌数呈显著相关关系( $P<0.05$ )。脲酶与全氮、细

菌数呈极显著相关关系( $P<0.01$ ),与含水率、有机质、速效钾、放线菌数量呈显著相关关系( $P<0.05$ )。过氧化氢酶与有机质呈极显著相关关系( $P<0.01$ ),而与 pH 值呈显著负相关关系( $P<0.05$ )。磷酸酶与各理化性质指标、微生物数量之间的关系均未达到显著水平,说明土壤磷酸酶不能表征根鞘土壤与其外围土壤的理化性质和微生物数量的变化。

表 4 土壤中各因子的相关系数

因子	SWC	EC	pH 值	OM 含量	TN 含量	AP 含量	AK 含量	BAC	ACT	FUN	INA	URE	CAT	APA
SWC	1.000	0.640	-0.812	0.927	0.941	0.352	0.994 **	0.991 **	0.901	0.952 *	0.948	0.967 *	0.912	0.806
EC		1.000	-0.964 *	0.881	0.810	0.944	0.717	0.726	0.869	0.500	0.814	0.796	0.883	0.140
pH 值			1.000	-0.968 *	-0.904	-0.829	-0.866	-0.869	-0.935	-0.669	-0.939	-0.909	-0.976 *	-0.398
OM 含量				1.000	0.976 *	0.677	0.961 *	0.964 *	0.980 *	0.832	0.979 *	0.984 *	0.990 **	0.561
TN 含量					1.000	0.580	0.968 *	0.977 *	0.993 **	0.912	0.931	0.994 **	0.937	0.558
AP 含量						1.000	0.448	0.459	0.669	0.195	0.591	0.553	0.688	-0.165
AK 含量							1.000	0.999 **	0.941	0.938	0.967 *	0.988 *	0.945	0.743
BAC								1.000	0.951 *	0.943	0.962 *	0.992 **	0.943	0.720
ACT									1.000	0.860	0.923	0.982 *	0.944	0.472
FUN										1.000	0.819	0.918	0.779	0.748
INA											1.000	0.961 *	0.992 **	0.688
URE												1.000	0.958 *	0.630
CAT													1.000	0.588
APA														1.000

注:“\*”表示在 0.05 水平上显著相关;“\*\*”表示在 0.01 水平上显著相关。SWC 为含水率,EC 为电导率,OM 为有机质,AP 为速效磷,AK 为速效钾,BAC 为细菌数量,ACT 为放线菌数量,FUN 为真菌数量,INA 为蔗糖酶活性,URE 为脲酶活性,CAT 为过氧化氢酶活性,APA 为磷酸酶活性。表 5 同。

2.6 土壤理化性质、微生物数量和土壤酶活性主成分分析

由表 5 可知,2 个主成分的累积方差贡献率为 97.66%,能够反映土壤所有因子的绝大部分信息。其主成分 1 的方差贡献率达到 84.22%,在全部因子中占主导地位,含水率、有机质、全氮、速效钾、细菌、蔗糖酶和过氧化氢酶在其中占有较大的分量,说明这些因子对根鞘形成具有较大的贡献作用。

表 5 土壤养分、微生物数量、酶活性的主成分分析

项目	主成分 1	主成分 2
特征根	11.790	1.882
方差贡献率(%)	84.216	13.440
累积方差贡献率(%)	84.216	97.656
特征向量		
SWC	0.956	0.292
EC	0.836	-0.547
pH 值	-0.943	0.312
OM 含量	0.996	-0.088
TN 含量	0.983	0.008
AP 含量	0.609	-0.790
AK 含量	0.982	0.189
BAC	0.984	0.173
ACT	0.977	-0.109
FUN	0.875	0.404
INA	0.982	0.026
URE	0.994	0.058
CAT	0.983	-0.100
APA	0.621	0.716

3 结论与讨论

有研究指出,根鞘结构能够聚集水分,从而利于植物吸收

水分,且具有保水功能<sup>[4]</sup>,与本研究结果一致。根鞘土壤中较高的含水率与其内甘露糖、岩藻糖和鼠李糖等多糖成分有关,罗丽滕等认为这些多糖成分具有亲水、吸水 and 保水的作用,使根鞘具有抗旱、保湿、储水等生态功能<sup>[4]</sup>。大量研究表明,植物能够通过根系活动显著影响根际土壤 pH 值<sup>[13]</sup>。本研究结果显示,根鞘与周围环境相比,具有较低的 pH 值,主要原因是植物根系通过呼吸释放 CO<sub>2</sub>,根系分泌有机酸,根际微生物活动产生有机酸和 CO<sub>2</sub> 等<sup>[14]</sup>。本研究得出,根鞘的电导率低于其外围土壤,与罗丽滕等研究结果<sup>[4]</sup>一致,说明根鞘降低了土壤水溶性盐含量,为植株根系提供了一个较低的渗透压环境,从而有利于水分的吸收,这与根鞘较高的含水率结果一致。

土壤有机质是评价土壤质量的一个重要指标,它不仅能增强土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,而且可促进土壤团粒结构的形成,改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性,增强土壤的缓冲性等<sup>[15]</sup>。土壤全氮、速效磷和速效钾的含量是反映土壤长期肥力水平的重要指标<sup>[16]</sup>。由本研究可知,根鞘的有机质、全氮和速效钾含量均高于其外围土壤,表明根鞘提高了土壤有机质、全氮和速效钾含量,保证了植物生长过程中所需的营养成分,起到了提高土壤肥力的生态作用。而造成这些现象的原因可能是植物根系分泌物为微生物提供了碳源,微生物的代谢产物和部分固氮菌的存在提高了土壤养分含量<sup>[17]</sup>;根鞘内的植物根系分泌物和微生物代谢产物的聚集,提高了根鞘的土壤肥力;根鞘扩大了植物根系与土壤的接触面积,有利于吸收根鞘外围土壤中养分;植物在生长过程中的枯枝败叶、一些死亡的根组织沉积导致根鞘土壤养分含量升高<sup>[3]</sup>。

根鞘内的黏液物质为土壤微生物的生长提供了特殊环境,也为游动孢子的发育与附着孕育了场所,促进了根鞘内特征微生物的大量繁殖,这些微生物在种类、数量上与非根鞘微生物存在显著差别<sup>[3]</sup>,本研究进一步证明了这一观点。根鞘增加了土壤中微生物的数量与其内较高的含水率与有机质、全氮含量等都有较高的一致性。

土壤中酶活性强能够加快有机质的催化,改变土壤的性质,从而能促进根鞘的形成。由于土壤酶活性具有稳定性,经常作为土壤微生物繁殖生长和活性的指标。土壤酶主要来源于植物根系、微生物和土壤动物区系。在干旱区域,植物生长主要受降水限制,该区域土壤动物分布较少,而土壤微生物存活条件较低,贫瘠土壤中仍有一定量的各类微生物存在,可见在干旱地区土壤微生物对土壤酶累计贡献较大<sup>[18]</sup>。尤其当土壤微生物受到外界不利影响时,土壤酶的稳定性使其仍能保持活性<sup>[19-20]</sup>。本研究指出,根鞘内的蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和磷酸酶活性都显著高于其外围土壤,与邱东等的研究结果<sup>[3]</sup>一致。根鞘内较高的土壤酶活性可能是因为植物对土壤养分的有效吸收和利用<sup>[21-23]</sup>,也与本研究中根鞘具有较高肥力的结果一致。

通过根鞘土壤理化性质、微生物数量与土壤酶活性之间的相关分析发现,根鞘土壤中土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和磷酸酶与土壤养分、微生物数量之间存在不同程度的正相关,表明肥力较高的根鞘土壤为微生物提供较为适宜的生存环境,微生物生命代谢活动的加强提高了土壤酶活性,同时土壤酶活性的提高也促进了土壤中有有机物质的转化,为微生物提供养分和良好的土壤生态环境<sup>[24-25]</sup>,这与汪成忠等研究结果<sup>[26]</sup>类似。因此,土壤理化性质、土壤微生物数量和土壤酶活性之间的密切关系,可以作为综合生物学指标来反映荒漠土壤微生物生态环境的变化,并为维持良好的荒漠生态环境提供理论依据。

综上所述,根鞘能够增加土壤有机质、全氮、速效钾等养分含量和土壤微生物数量,降低土壤 pH 值及含盐量,并且提高了土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶和磷酸酶的活性,由此证明根鞘是植物应对恶劣环境的形态对策。

#### 参考文献:

- [1]冯春林. 准噶尔盆地南缘沙漠化土地的治理[J]. 新疆林业, 1992(1):16-17.
- [2]Ma W, Li X X, Li C J. Modulation of soil particle size and nutrient availability in the maize rhizosphere[J]. Pedosphere, 2011, 21(4): 483-490.
- [3]邱东, 吴楠, 张元明, 等. 根鞘微生境对羽毛针禾沙生适应性的生态调节[J]. 中国沙漠, 2012, 32(6):1647-1654.
- [4]罗丽朦, 王瑾, 王丽学, 等. 扁穗冰草根鞘与其环境土壤理化性质和微生物数量的比较[J]. 草地学报, 2013, 21(6):1109-1112.
- [5]买买提·依提. 羽毛三芒草的生态生物学特性及其评价[J]. 干旱区研究, 1990(2):52-56.
- [6]Albalasmeh A A, Ghezzehei T A. Interplay between soil drying and root exudation in rhizosphere development[J]. Plant & Soil, 2014,

- 374(1/2):739-751.
- [7]王瑾, 王堃. 植物根系沙套的生态功能及其形成影响因素研究进展[J]. 草原与草坪, 2009(2):88-92.
- [8]吴振振, 马森, 张旭龙. 甘草对新疆盐碱地土壤理化性质及土壤酶活性的影响[J]. 农学学报, 2016, 6(6):24-29.
- [9]马玮, 李春俭. 植物的根鞘及其生态意义[J]. 世界农业, 2007(4):55-56.
- [10]Prendergast - Miller M T, Duvall M, Sohi S P. Biochar - root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability[J]. European Journal of Soil Science, 2014, 65(1):173-185.
- [11]乔胜英. 土壤理化性质实验指导书[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2012:20-72.
- [12]关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社, 1986:274-323.
- [13]赵文磊, 边雪莲, 岳中辉, 等. 不同栽培条件下中华水韭生长对土壤养分、微生物量及酶活性的影响[J]. 农学学报, 2016, 6(1):56-61.
- [14]单世平, 黄军, 刘前刚, 等. 淹水条件对稻田土壤肥力及理化性质的影响研究进展[J]. 农学学报, 2014, 4(10):46-49.
- [15]王芸. 保护性耕作对麦田土壤微生物特性及理化性状的影响[D]. 泰安:山东农业大学, 2007.
- [16]金红喜, 何芳兰, 李昌龙, 等. 玛曲沙化高寒草甸植被、土壤理化性质及土壤微生物数量研究[J]. 草业学报, 2015, 24(11):20-28.
- [17]董艳, 董坤, 汤利, 等. 小麦蚕豆间作对蚕豆根际微生物群落功能多样性的影响及其与蚕豆枯萎病发生的关系[J]. 生态学报, 2013, 33(23):7445-7454.
- [18]陈祝春. 沙丘结皮层形成过程的土壤微生物和土壤酶活性[J]. 环境科学, 1991, 12(1):19-24.
- [19]Bergmann D, Zehfus M, Zierer L, et al. Grass rhizospheres: associated bacterial communities and potential for nitrogen fixation[J]. Western North American Naturalist, 2009, 69(1):105-114.
- [20]顾峰雪, 文启凯, 潘伯荣, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地人工绿地风沙土的土壤酶活性研究[J]. 中国沙漠, 2000, 20(3):62-66.
- [21]王慧一, 岳中辉, 隋海霞, 等. 问荆根茎水浸液对大豆根际土壤性质、微生物及酶活性的化感效应[J]. 农学学报, 2015, 5(7):69-75.
- [22]于天一, 逢焕成, 唐海明, 等. 不同母质类型水稻土酶活性及其与理化性质的关系[J]. 土壤学报, 2013, 50(5):1043-1047.
- [23]陆梅, 田昆, 张仕艳, 等. 不同干扰程度下高原湿地纳帕海土壤酶活性与微生物特征研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(12):2783-2788.
- [24]赵维娜, 王艳霞, 陈奇伯. 高山栎天然林土壤酶活性与土壤理化性质和微生物数量的关系[J]. 东北林业大学学报, 2015(9):72-77.
- [25]罗冬, 王明玖, 郑少龙, 等. 围封对荒漠草原土壤微生物数量及其酶活性的影响[J]. 生态环境学报, 2016, 25(5):760-767.
- [26]汪成忠, 胡永红, 周翔宇, 等. 水稻秸秆还田对崇明盐碱地土壤酶活性和微生物数量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(8):132-138.