

焉耆盆地白刺灌丛沙堆土壤理化性质

玉苏甫·买买提, 满苏尔·沙比提, 娜斯曼·那斯尔丁

(新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要:对焉耆盆地白刺灌丛沙堆不同演化阶段和沙堆间低地土壤理化性质进行分析。结果显示:(1) 白刺灌丛沙堆不同演化阶段土壤粉砂、黏粒、有机质和养分含量均高于沙堆间低地,而土壤砂粒含量和 pH 值低于沙堆间低地;从白刺灌丛沙堆发育到稳定阶段,土壤砂粒含量和 pH 值逐渐降到最小值,而粉砂、黏粒、有机质和养分含量达到最高值,从白刺灌丛沙堆稳定到活化阶段,土壤砂粒含量和 pH 值急剧增加,而粉砂、黏粒、有机质和养分含量大幅度下降;(2) 从整个剖面来看,由于白刺灌丛沙堆侵蚀和堆积的差异,随着深度的增加砂粒含量先减后增,而 pH 值、粉砂、黏粒、有机质和养分含量先增后减;0—15 cm 土层砂粒含量最高,而 15—45 cm 土层最低;0—15 cm 土层 pH 值、粉砂、黏粒、有机质和养分含量最低,而 15—45 cm 土层最高;(3) 白刺灌丛沙堆发育和活化阶段强烈的吹蚀不利于有机质的积累,白刺灌丛沙堆稳定后为降尘截存、凋落物积累和微生物的繁殖提供有力的保障,表层黏粒得以截存和地衣状薄层结皮形成,增加土壤的有机质和养分含量。

关键词:白刺沙堆;土壤;理化性质;新疆焉耆盆地

中图分类号:S714.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)04-0091-04

Analysis on the Soil Physicochemical Properties of *Nitraria* Shrub Dune at Different Evolution Stages in Yanqi Basin of Xinjiang, China

Yusup · Mamat, Mansur · Sabit, Nasima · Nasirdin

(School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054)

Abstract: We chose Xinjiang Yanqi Basin as the research area and analyzed the different evolution stages of *nitraria* shrub dune and the physicochemical properties of between-dune lowland shrub dune soil. Results show that : (1) the silt, clay, organic matter and nutrient content of dune soil in different evolution stages were higher than the between-dune lowland, but the sand and pH values were lower; from development stage to the stable stage, the sand grains and pH values gradually reduced to the minimum, while the silt, clay, organic matter and nutrient content reached the highest values, from stable to the activation phase, sand grains and pH values increased sharply, and silt, clay, organic matter and nutrient content declined significantly; (2) from the entire profile view, due to the differences of erosion and accumulation of sand dune, with the increasing of depth, sand grains decreased first and then increased, while pH values, silt, clay, organic matter and nutrient contents were the opposite; the most sand grains were found in 0—15 cm soil layer, and the minimum was found in 15—45 cm soil layer; the lowest pH values, silt, clay, organic and nutrient content were detected in 0—15 cm soil layer, the highest values were found in 15—45 cm soil layer; (3) sand dune development and activation stage deflation are not conducive to the accumulation of organic matter, sand dune stabilizing will provide the strong protection for the dust sequestration, litter accumulation and microbial growth, it can improve clay surface sequestration, lichen like thin crust formation, and can increase soil organic matter.

Keywords: *nitraria* sand dune; soil; physicochemical properties; Yanqi Basin of Xinjiang

白刺属(*Nitraria* L.)为蒺藜科(*Zygophyllaceae*)的一个古老小属,属于第三纪孑遗植物,白刺属

植物为旱生或超旱生灌木或小灌木,是中亚大陆荒漠地带的典型景观植物,也是荒漠区系灌木层片中优势

种或建群种之一。在我国,主要分布于西北及北部降水稀少的干旱荒漠和半荒漠地区,是内蒙古、甘肃和新疆一带荒漠植被的重要建群种之一^[1]。白刺属植物具有耐干旱、盐碱、沙埋、抗风蚀等特点,茎秆根系化明显,其枝条沙埋后能在湿沙中生出新的不定根,积沙成丘,形成固定和半固定的灌丛沙包,对减缓地表水土流失有着明显的作用,并且由于它枝叶茂密,积累了大量枯枝落叶和腐殖质,从而增加了土壤有机质含量,改善了立地土壤的理化结构^[2-4]。

在新疆大约 48% 的土地被沙漠或者沙地所覆盖,沙漠化造成了巨大的经济损失,严重影响新疆生态环境的可持续发展。白刺灌丛沙堆作为主要的沙漠地貌类型之一,固定了绿洲外围的大量流沙,阻止了流沙对绿洲的危害,但是近几十年来,由于气候及人类过度活动,绿洲外围的白刺灌丛沙堆重新活化,逐渐成为绿洲荒漠化防治的前沿阵地。白刺灌丛沙堆在演化过程中土壤理化性质的变化直接反映了沙漠化进程,因此,本文根据新疆焉耆盆地白刺灌丛沙堆不同演化阶段和灌丛沙堆间低地土壤进行野外采样和室内分析资料,对研究区白刺灌丛沙堆各演化阶段和灌丛沙堆间低地土壤理化性质进行分析,为绿洲外围白刺灌丛沙堆科学保育及其生态环境稳定提供科学依据。

1 研究区概况

焉耆盆地处于欧亚大陆腹地,属典型的中温带干旱荒漠气候,盆地地势从西北向东南倾斜,最低处为我国最大的内陆淡水湖——博斯腾湖,博斯腾湖上游为开都河,下游为孔雀河,博斯腾湖是焉耆盆地的水盐汇集中心。焉耆盆地位于新疆巴音郭楞蒙古自治州境内,面积 13 612 km²,地理坐标东经 86°39′—88°20′,北纬 41°23′—43°31′,包括焉耆、和静、和硕、博湖 4 个县。该盆地深居我国西北内陆腹地,为典型的大陆性干旱气候,降水稀少,蒸发强烈,夏季炎热,冬季寒冷。年平均气温 8~8.9℃,年降水量 50~80 mm,集中在 5—9 月,蒸发量达 2 000~2 450 mm,蒸降比 30~40 倍以上。本文选取位于盆地东北部和和硕县境内白刺植物集中分布地带作为研究区域^[5]。

2 土壤样品的采集和分析

2012 年 6—7 月,采用 GPS 定位,在研究区白刺植物典型生境地段,依据前人的划分标准,并通过实地考察,根据白刺灌丛沙堆表层土壤、植被及其发育形态的不同选取不同演化阶段白刺灌丛沙堆共 24 个(每个演化阶段和灌丛沙堆间低地各取 8 个作为重

复),具体演化阶段划分依据见参考文献[6]。对于同一演化阶段选取形态大小、植被盖度和结皮发育程度比较接近的白刺灌丛沙堆。为了提高样品的代表性,在样点挖出土壤剖面,根据人为分层按 0—15,15—45,45—70 cm 不同深度取土样。

采集的土壤样品带回实验室摊开阴干,过 2 mm 筛,编号装入样品袋备用,用平均值代表研究区的测定值。土壤粒度采用吸管法,土壤有机质采用重铬酸钾法,土壤 pH 值采用电位测定法,全氮采用重铬酸钾—硫酸消化法,全磷采用高氯酸—硫酸酸溶—钼锑抗比色法,全钾采用火焰光度法,速效氮采用蒸馏法,速效磷采用碳酸氢钠法,速效钾采用火焰光度法^[7]测定。

3 结果与分析

3.1 白刺灌丛沙堆土壤粒度特征

研究区白刺灌丛沙堆各演化阶段土壤砂粒含量平均 59.74%,粉砂含量平均 21.18%,黏粒含量平均 19.08%,土壤颗粒组成以砂粒为主;白刺灌丛沙堆间低地砂粒含量平均 67.72%,粉砂含量平均 13.79%,黏粒含量平均 18.49%,土壤颗粒组成仍然以砂粒为主。由于白刺灌丛沙堆形成过程的特殊性,风力搬运而来的物质在灌丛沙堆上和灌丛沙堆间低地逐渐堆积和再次吹蚀,而灌丛沙堆上植株作用使得堆积和吹蚀失衡,从而导致白刺灌丛沙堆各演化阶段和灌丛沙堆间低地土壤粒级组成的较大差异(表 1)。由流动沙堆发育到白刺灌丛沙堆初级阶段土壤砂粒、粉砂和黏粒百分含量变化不明显,至白刺灌丛沙堆发育阶段土壤砂粒含量平均 84.85%,粉砂含量平均 3.21%,黏粒含量平均 11.94%,主要以砂粒组成,粉砂和黏粒含量较少。白刺灌丛沙堆稳定后土壤的砂粒含量大幅度下降,而粉砂和黏粒含量迅速增加,与发育阶段相比差异较显著,砂粒含量由 84.85%降到 38.52%,而粉砂和黏粒含量由 3.21%和 11.94%增加到 32.58%和 28.90%。白刺灌丛沙堆活化后,灌丛沙堆土壤砂粒的百分含量重新增加,由 38.52%提高到 55.86%;粉砂含量有所降低,即由 32.58%降到 27.76%,与灌丛沙堆稳定阶段相比差异并不显著,黏粒含量明显降低,即由 28.90%降到 16.38%,接近白刺灌丛沙堆发育阶段的黏粒含量。白刺灌丛沙堆间低地因其下伏底层为糊积形成的沙壤土,但是因微地形的差异,土壤砂粒含量与白刺灌丛沙堆发育阶段相比低 17.13%,而粉砂和黏粒含量比灌丛沙堆发育阶段高 10.58%和 6.55%;与白刺灌丛沙堆稳定阶段相比,砂粒含量高 29.20%,而粉砂和黏粒含量低 18.79%和 10.41%。从整个剖面来看,白刺灌丛沙堆各演化阶段和灌丛沙堆间低地

土壤粒级含量因侵蚀和堆积而有所差异,随着深度的增加,灌丛沙堆土壤的砂粒含量均呈下降趋势,而粉砂和黏粒含量呈增加趋势。白刺灌丛沙堆发育和稳定阶段 0—15 cm 土层砂粒含量均大于 15 cm 以下土层,而粉砂和黏粒含量则小于 15 cm 以下土层;白刺灌丛沙

堆活化阶段 0—15 cm 土层砂粒和粉砂含量均大于 15 cm 以下土层,而黏粒含量则小于 15 cm 以下土层;灌丛沙堆间低地 0—15 cm 土层砂粒含量小于 15 cm 以下土层,粉砂含量则大于 15 cm 以下土层,而黏粒含量呈先增后减的趋势^[8-10]。

表 1 白刺灌丛沙堆土壤的颗粒组成 %

深度/ cm	灌丛沙堆发育阶段			灌丛沙堆稳定阶段			灌丛沙堆活化阶段			灌丛沙堆间低地		
	砂粒	粉砂	黏粒	砂粒	粉砂	黏粒	砂粒	粉砂	黏粒	砂粒	粉砂	黏粒
0—15	85.23	3.05	11.72	43.71	30.41	25.88	59.12	29.53	11.35	65.77	16.17	18.06
15—45	84.94	3.12	11.94	37.64	32.18	30.18	56.17	27.62	16.21	67.18	14.08	18.74
45—70	84.38	3.45	12.17	34.21	35.16	30.63	52.28	26.13	21.59	70.21	11.12	18.67

注:土壤粒径>0.05 mm 为砂粒;0.01~0.05 mm 为粉砂;<0.01 mm 为黏粒。

3.2 白刺灌丛沙堆土壤 pH 值和有机质特征

由于白刺植物往往自成群落,根系大量吸收地下水,降低水位,沙堆上部有枝叶覆盖,从而有效地抑制盐分上升,改善立地土壤的理化结构,降低土壤含盐量^[11]。因此,白刺灌丛沙堆土壤 pH 值呈先降后增的趋势,白刺灌丛沙堆发育阶段土壤 pH 值最大(8.81),白刺灌丛沙堆稳定阶段最小(8.56),白刺灌丛沙堆活化后 pH 值又增大(8.73)(表 2),但是小于白刺灌丛沙堆发育阶段;白刺灌丛沙堆间低地因无植被覆盖和微地形的差异,pH 值更大(8.91)。从整个剖面来看,无论是白刺灌丛沙堆,还是灌丛沙堆间低地土壤的 pH 值均出现低—高一低的趋势,因为黏粒的吹蚀增加了有限降水的入渗,地表的盐分向其下土层淋溶,因此,约 20 cm 深处的土层是盐分集聚层,这一层的 pH 值比上下层高(表 2)。土壤有机质主要来自植物枯枝落叶物,白刺植物可以独丛成林,枝叶茂密,积累了大量枯枝落叶和腐殖质,从而增加了土壤有机质含量,改善了立地土壤的理化结构,降低了土壤含盐量,使土壤肥力增加。白刺灌丛沙堆发育阶

段因吹蚀强烈、植被覆盖度低、有机质含量少(2.34 g/kg),未形成“沃岛”效应,这与白刺植物生长特性适合于适度埋沙生境生长有较大关系,灌丛沙堆频繁的风沙运动不利于有机质的积累。白刺灌丛沙堆稳定后为降尘截存、植物枯枝落叶物积累和微生物的繁殖提供有力的保障,地表黏粒物质得以截存和地衣状薄层结皮形成,增加土壤的有机质含量。由表 2 可以看出,白刺灌丛沙堆稳定后土壤有机质含量迅速增加(6.54 g/kg),出现有弱“沃岛”效应。白刺灌丛沙堆活化后,有机质含量又迅速降低(2.34 g/kg),与白刺灌丛沙堆稳定阶段相比变化幅度较大。白刺灌丛沙堆间低地无植被覆盖和强烈的吹蚀使得其有机质含量最低。从垂直剖面来看,白刺灌丛沙堆各演化阶段均 0—15 cm 土层的有机质含量最低(2.65 g/kg),15—45 cm 土层的有机质含量最高(5.08 g/kg),45—70 cm 土层的有机质含量居中(3.48 g/kg),这可能与表层吹蚀强烈、下层植物枯枝落叶物少有较大关系;灌丛沙堆间低地随着深度的增加有机质含量呈略有增加趋势。

表 2 白刺灌丛沙堆土壤的化学性质

阶段	深度/ cm	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	速效氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
灌丛沙堆发育阶段	0—15	8.74	1.41	0.11	0.07	17.24	9.76	0.81	81.2
	15—45	8.92	3.46	0.16	0.11	18.11	11.86	1.12	89.4
	45—70	8.77	2.15	0.14	0.09	17.64	10.74	0.97	85.7
灌丛沙堆稳定阶段	0—15	8.57	5.12	0.27	0.11	18.19	18.11	1.17	85.7
	15—45	8.62	8.36	0.34	0.15	21.16	23.19	1.86	92.4
	45—70	8.48	6.14	0.23	0.13	19.14	21.43	1.52	88.6
灌丛沙堆活化阶段	0—15	8.69	1.43	0.13	0.08	17.82	7.96	0.72	84.6
	15—45	8.78	3.42	0.18	0.09	18.21	12.31	0.89	87.5
	45—70	8.72	2.16	0.14	0.08	17.92	11.17	0.83	85.8
灌丛沙堆间低地	0—15	8.87	0.94	0.08	0.06	17.86	6.27	0.57	85.1
	15—45	8.96	1.17	0.09	0.07	18.64	7.49	0.72	87.2
	45—70	8.91	2.14	0.09	0.06	18.62	7.32	0.71	86.3

注:表中数据为平均值。

3.3 白刺灌丛沙堆土壤养分全量特征

由表2可知,白刺灌丛沙堆发育阶段土壤全氮(0.14 g/kg)、全磷(0.09 g/kg)及全钾(17.66 g/kg)含量都较低;随着灌丛沙堆上植被的生长,植物枯枝落叶、降尘及来自灌丛沙堆间低地颗粒的堆积,而白刺灌丛沙堆逐渐稳定后,其各土层的全氮、全磷和全钾含量都不同程度的增加(分别为0.28 g/kg, 0.13 g/kg, 19.50 g/kg),尤其是全氮和全磷含量与灌丛沙堆发育阶段相比增加幅度较大,土壤肥力提高;白刺灌丛沙堆活化后,全氮和全磷含量迅速下降(0.15 g/kg和0.08 g/kg),接近灌丛沙堆发育阶段的含量。灌丛沙堆间低地无植被覆盖和频繁的风沙运动不利于土壤养分的积累使得其养分含量最低,即全氮平均0.09 g/kg,全磷平均0.06 g/kg,全钾平均18.37 g/kg。从整个土层垂直剖面来看,土壤的全氮、全磷和全钾养分含量基本上呈现低—高一低趋势,即先增后减,其主要原因是灌丛沙堆土壤表层吹蚀强烈及其不利于土壤微生物的繁殖和活性增强;中层植物枯枝落叶物较多而且沙堆稳定,有利于土壤微生物的繁殖和活性的增强;而下层植物枯枝落叶较少,不利于土壤养分的积累^[12-14]。

3.4 白刺灌丛沙堆土壤速效养分特征

白刺灌丛沙堆开始形成时,灌丛沙堆土壤的速效氮、速效磷和速效钾含量均较低;白刺灌丛沙堆开始发育后,速效氮、速效磷和速效钾含量都不同程度的增加(分别为10.79, 0.97, 85.43 mg/kg);白刺灌丛沙堆稳定后,灌丛沙堆土壤的速效氮、速效磷和速效钾含量达到最大值(分别为20.91, 1.52, 88.9 mg/kg);白刺灌丛沙堆活化后,灌丛沙堆土壤的速效氮、速效磷和速效钾含量呈现下降趋势(分别为10.48, 0.81, 85.97 mg/kg),而且下降幅度较大,接近或小于灌丛沙堆土壤发育阶段的速效养分含量;灌丛沙堆间低地风沙运动频繁,而且无植被覆盖,从而土壤速效养分含量最低,即速效氮7.03 mg/kg,速效磷0.67 mg/kg,速效钾86.2 mg/kg。从整个剖面来看,无论是白刺灌丛沙堆的各演化阶段,还是灌丛沙堆间低地均0—15 cm土层的速效养分含量最低,15—45 cm土层的速效养分含量最高,45—70 cm土层的速效养分含量居中,这可能与表层风沙运动强烈,植物枯枝落叶物少;中层植物枯枝落叶物多、土层稳定、微生物活跃;下层植物枯枝落叶物少、微生物活性弱等有较大关系^[12-14]。

4 结论与讨论

白刺灌丛沙堆各演化阶段土壤平均砂粒含量为

59.74%,粉砂含量为21.18%,黏粒含量为19.08%;白刺灌丛沙堆间低地土壤平均砂粒含量为67.72%,粉砂含量为13.79%,黏粒含量为18.49%,土壤颗粒组成都以砂粒为主。白刺灌丛沙堆从发育到稳定阶段,灌丛沙堆土壤砂粒含量逐渐减少到最小值,为32.58%,而粉砂和黏粒含量迅速增加到最高值,分别为32.58%和28.90%;从白刺灌丛沙堆稳定到活化阶段砂粒含量急剧增加为55.86%,粉砂和黏粒含量大幅度下降,为27.76%和16.38%。从整个土层垂直剖面来看,土壤的砂粒含量随着深度的增加逐渐降低,而粉砂和黏粒含量逐渐增加;pH值、有机质和养分含量基本上呈现低—高一低趋势。

由于白刺植物自成群落并且枝叶茂密,积累大量枯枝落叶和腐殖质,从而增加土壤有机质含量,改善立地土壤的理化结构,降低土壤含盐量,使土壤肥力增加。因此,白刺灌丛沙堆从发育到稳定阶段,pH值略有降低,有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾呈增加趋势;白刺灌丛沙堆活化后,土壤的pH值呈增加趋势,而有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷和速效钾含量迅速下降。由于白刺灌丛沙堆形成过程的特殊性,风力搬运而来的物质在沙堆上和沙堆间低地逐渐堆积和再次吹蚀,而灌丛沙堆上植株作用使得堆积和吹蚀失衡,从而导致了白刺灌丛沙堆上和沙堆间低地土壤粒级组成的差异;沙堆间低地无植被覆盖和频繁的风沙运动不利于土壤养分的积累使得其养分含量最低。

由于白刺灌丛沙堆稳定阶段,植被覆盖度比其他阶段高,植被覆盖度的增加减弱了风力对灌丛沙堆土壤黏粒和养分含量的吹蚀,同时有效地防止灌丛沙堆植物枯枝落叶物的损失,增强了植物枯枝落叶物的捕获能力,改善灌丛沙堆的小气候,有利于灌丛沙堆植物枯枝落叶物的分解,因此,灌丛沙堆稳定阶段土壤的砂粒含量和pH值低于其它阶段,而粉砂、黏粒、有机质和养分含量均高于其它阶段,出现有弱“沃岛”效应;灌丛沙堆的发育和活化阶段,沙堆的植被覆盖度较低,不仅对外来的植物枯枝落叶物难以捕获,而且自身的植物枯枝落叶物也会在强烈吹蚀的作用下大量损失,灌丛沙堆的微环境受到破坏,植物枯枝落叶物的分解速度降低,最终导致灌丛沙堆土壤的黏粒、有机质和养分含量的不断亏损,因此,灌丛沙堆发育和活化阶段土壤的砂粒含量和pH值高于沙堆稳定阶段,而土壤的粉砂、黏粒、有机质和养分含量均低于稳定阶段。尤其是灌丛沙堆活化后,表层植被死亡导致了养分大量损失,有机质、全氮和速效氮含量与灌

(下转第99页)

物、条沟灌草等措施的水土保持效果较其他的乔木、乔灌措施要好,其原因可能是草本植物生长茂盛,根系发达,盖度较大,坡面侵蚀力被层层削弱,很好地起到水土保持的作用。而乔木、乔灌措施下,其贴地面覆盖度相对较低,不易形成乔灌草立体防护体系,其水土保持效果较差。因此,要根据各利用土地的水土流失特征,有针对性防治水土流失。

降雨量与各植被措施的径流量与土壤侵蚀量具有显著的相关性,径流量与侵蚀量随降雨量的增大而增大,且不同措施径流变化对雨量响应差异明显,空白小区、乔木措施的土壤侵蚀量变化对雨量的变化响应大,而贴地面覆盖度高的草本措施对雨量的响应不明显。

参考文献:

[1] 杨学震,钟炳林,谢小东,等. 丘陵红壤的土壤侵蚀与治理[M]. 北京:中国农业出版社,2005.

[2] 赵其国. 我国红壤的退化问题[J]. 土壤,1995,27(6): 281-285.

[3] 蔡丽平,刘明新,侯晓龙,等. 长汀县崩岗侵蚀区不同治理模式植物多样性的比较[J]. 福建农林大学学报:自然

科学版,2012,41(4):524-528.

[4] 史东梅,卢喜平,蒋光毅. 紫色丘陵区降雨侵蚀力简易算法的模拟[J]. 农业工程学报,2010,26(2):116-122.

[5] 朱冰冰,李占斌,李鹏,等. 草本植被覆盖对坡面降雨径流侵蚀影响的试验研究[J]. 土壤学报,2010,47(3):401-407.

[6] 蒋芳市,黄炎和,钟炳林,等. 不同治理措施对侵蚀红壤群落生物量及生产力的影响[J]. 水土保持通报,2009,29(5):12-16.

[7] 伍红琳,张辉,孙庆业. 坡面人工植物群落修复对水土流失及控磷的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(3):26-30.

[8] 赵护兵,刘国彬,曹清玉. 黄土丘陵区不同植被类型对水土流失的影响[J]. 水土保持研究,2004,11(2):153-155.

[9] 张晓明,余新晓,武思宏,等. 黄土区森林植被对坡面径流和侵蚀产沙的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(9): 1613-1617.

[10] 韩永刚,王维明,杨玉盛. 闽北不同土地利用方式径流量动态变化特征[J]. 水土保持研究,2006,13(5):262-266.

[11] 李钢,梁音,曹龙熹. 次生马尾松林下植被恢复措施的水土保持效益[J]. 中国水土保持科学,2012,10(6):25-31.

[12] 黄茹,黄林,何丙辉,等. 三峡库区坡地林草植被阻止降雨径流侵蚀[J]. 农业工程学报,2012,28(9):70-76.

(上接第 94 页)

从沙堆稳定阶段相比大幅度下降,给灌丛沙堆的保育带来了很大的困难,因此,如何维持灌丛沙堆的稳定,防止其表层灌丛植被衰败,成为灌丛沙堆能否保育成功的关键。

参考文献:

[1] 种培芳,苏世平,高暝,等. 4 个地理种群唐古特白刺的抗旱性系统评价[J]. 水土保持通报,2011,31(3):213-218.

[2] 张建锋,邢尚军,孙启祥,等. 黄河三角洲重盐碱地白刺造林技术的研究[J]. 水土保持学报,2004,18(6):144-147.

[3] 王文,蒋文兰,谢忠奎,等. 黄土丘陵地区唐古特白刺根际土壤水分与根系分布研究[J]. 草业学报,2013,22(1):20-28.

[4] 李进军,马存世,张有佳,等. 民勤连古城自然保护区白刺生长发育影响因素[J]. 东北林业大学学报,2010,38(10):41-43.

[5] 玉苏甫·买买提,艾萨迪拉·玉苏甫. 新疆博斯腾湖周围白刺植物下土壤盐分组成及分布特征研究[J]. 新疆师范大学学报:自然科学版,2014,33(2):1-6.

[6] 杜建会,严平,俄有浩. 甘肃民勤不同演化阶段白刺灌丛

沙堆分布格局及特征[J]. 生态学杂志,2007,26((8): 1165-1170.

[7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.

[8] 彭飞,王涛,刘立超,等. 民勤荒漠绿洲过渡带白刺灌丛沙堆演化阶段及其空间格局[J]. 中国沙漠,2012,32(3):593-599.

[9] 吴雪,贡璐,冉启洋,等. 阿拉尔垦区土壤理化因子与酶活性的通径分析[J]. 水土保持研究,2013,20(3):48-54.

[10] 贾宝全,张红旗,张志强,等. 甘肃省民勤沙区土壤结皮理化性质研究[J]. 生态学报,2003,23(7):1442-1448.

[11] 余娜,刘济明,张超,等. 不同沙生植被土壤酶活性分异特征研究[J]. 水土保持研究,2010,17(1):77-81,83.

[12] 贾晓红,李新荣,陈应武. 腾格里沙漠东南缘白刺灌丛地土壤性状的特征[J]. 干旱区地理,2007,30(4):557-564.

[13] 陈孙华. 衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段土壤理化特征[J]. 水土保持研究,2013,20(1):57-60.

[14] 李志鹏,赵业婷,常庆瑞. 渭河平原县域农田土壤速效养分空间特征[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(2): 163-170.