

# 不同行距黄柳沙障结皮理化性质的研究

史小栋<sup>1,2</sup>, 胡小龙<sup>2</sup>, 高永<sup>1</sup>, 韩利<sup>3</sup>, 刘彩云<sup>4</sup>, 汪季<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古林业科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010; 3. 锡林郭勒盟水土保持工作站, 内蒙古 锡林浩特 026000; 4. 内蒙古水文总局, 内蒙古 呼和浩特 010010)

**摘要:** 在实验和对比分析的基础上, 对行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处和远离基部 2 m 处(对照样)结皮理化性质进行了研究。结果表明, 沙障基部处土壤的 pH 值呈碱性, 对照样土壤的 pH 值呈酸性。两种不同行距黄柳沙障之间的 pH 值无显著差异。行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处的有机质、全 N 和全 P 含量均大于对照样。而对于速效养分, 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处速效 P 含量都大于对照样, 而行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障对照样速效 N 含量则大于基部处, 并且行距 8 m 的黄柳沙障基部处和对照样速效 N 和速效 P 含量均大于行距 5 m 的黄柳沙障。黄柳沙障下结皮的形成是以砂粒为骨架, 以小于 0.02 mm 的细小颗粒堵塞土壤孔隙的一个物理过程。

**关键词:** 不同行距; 黄柳沙障; 土壤结皮; 理化性质

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2008)05-0086-05 中图分类号: S152.9, Q142.3

## Physical and Chemical Properties of Soil Crust in *Salix Gordejevii* Sand Barrier with Different Distances of Row Spacing

SHI Xiaodong<sup>1,2</sup>, HU Xiaolong<sup>2</sup>, GAO Yong<sup>1</sup>, HAN Li<sup>3</sup>, LIU Caiyun<sup>4</sup>, WANG Ji<sup>1</sup>

(1. College of Ecology and Environment Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China; 2. Inner Mongolia Academy of Forestry Science, Hohhot, Inner Mongolia 010010, China; 3. Soil and Water Conservation Station of Xilin Gole League, Xilinhot, Inner Mongolia 026000, China; 4. Inner Mongolia Hydrology Bureau, Hohhot, Inner Mongolia 010010, China)

**Abstract:** Based on field experiment and comparative analysis, physical and chemical properties of soil crust at the base of the *Salix gordejevii* sand barrier with row spacing of 5 m and 8 m and at 2 m away from the base (for contrast) are investigated. Results show that soil is alkaline at the base of the two row *Salix gordejevii* sand barrier, while soil at 2 m away from the base is acidic. The soils in the 5 m and 8 m row spacing sand barriers do not have significant difference in pH value. The content of organic matter, total N, and total P at the base of the sand barrier are greater than the contrast. Compared with the base and the location 2 m away from the base, available nutrients in both 5 m row spacing and 8 m row spacing are higher and available N are lower than the contrast. Both available N and available P in 8 m row spacing sand barrier are greater than those in 5 m row spacing sand barrier. The formation of soil crust in the *Salix gordejevii* sand barrier is a physical process which takes sand grains as skeleton and fill soil pore space with the fine kernel ( $d < 0.02$  mm).

**Keywords:** different distances of row spacing; *Salix gordejevii* sand barrier; soil crust; physical and chemical property

防治风沙危害时, 有些地区往往由于气候极端干旱而不具备植物固沙条件, 或者虽有植物固沙的可能性, 但在初期, 为防止风蚀或沙埋, 改善植物生长环境, 需要设置机械沙障<sup>[1]</sup>。地表结皮是陆地表面广泛分布的一类自然现象, 在干旱、半干旱地区, 覆盖在土

壤表面的生物结皮占该地区生物覆盖的 70% 以上。结皮层的出现, 不但可以影响土壤的结构、功能、生产力, 提高土壤稳定性、保水力和土壤肥力, 有效地阻止流沙的移动, 而且可以增加干旱区生态系统的生物多样性, 对植被演替进程起到了积极的作用, 是荒漠地

收稿日期: 2008-03-12

修回日期: 2008-05-31

资助项目: 内蒙古自治区自然科学基金项目(200607010509); 国家自然科学基金项目(30771765)

作者简介: 史小栋(1982—), 男(汉族), 内蒙古自治区乌兰察布市人, 硕士, 主要从事荒漠化研究。E-mail: sxd820507@163.com。

通信作者: 汪季(1957—), 男(汉族), 山东省济南市人, 博士, 教授, 主要从事水土保持与荒漠化防治方面的教学研究。E-mail: wangji1957@163.com。

区植被演替的重要基础<sup>[2-3]</sup>。Onofriok (1984) 研究表明,土壤粉粒含量愈高土壤结皮愈容易形成<sup>[4]</sup>。Ahmod 和 Robbin (1971) 研究得出,有机质含量愈低土壤结皮愈容易形成<sup>[5]</sup>。近年来,国内外许多研究者开始关注结皮对荒漠化生态系统结构和功能的影响及其在荒漠化防治中的作用。有学者研究证实生物结皮的存在能够减少风蚀和水蚀,固定大气中的 N 并增加土壤有机质的含量<sup>[6]</sup>;也有学者通过土样理化分析,探讨结皮形成过程中的表现差异<sup>[7]</sup>。但是关于浑善达克沙地结皮的发育及其生态功能研究较少。本文以浑善达克沙地黄柳沙障为研究对象,通过对地表结皮发育过程中结皮及其下层土壤理化性质的差异比较,研究结皮发育对土壤特性的影响作用,为浑善达克沙地退化生态系统恢复和管理提供理论依据。

## 1 研究区自然概况

试验地位于中国荒漠化监测中心多伦县定位站大骆驼场景内,地理坐标为 41° 46′—42° 36′ N, 115° 51′—116° 54′ E, 平均海拔 1 313 m。土壤类型为风沙土,土壤以发育在砂性母质上的风沙土为主,有机质含量低,稳固性差。广泛分布着固定、半固定沙丘,沙带周边多为典型草原栗钙土,间有风沙土、棕钙土和草甸土等土类。气候属于中温带大陆性季风气候,无霜期年平均为 95~100 d,年平均降水量 385.5 mm,从东南向西北递减;年蒸发量为 2 000~2 400 mm,蒸发量则从东南向西北递增;风力强劲,年均风速 4.3~5.1 m/s,年大风日数 50~70 d,主风向为西北风。植被以典型的草原植被为主,主要植物有羊柴 (*Hedysarum laeve*)、差巴嘎蒿 (*Artemisia halodendrom*)、羊草 (*Leymus chinensis*)、冷蒿 (*A. frigida*)、克氏针茅 (*Stipa krylovii*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、扁蓿豆 (*Melilotoides ruthenica*) 等。

## 2 研究方法

### 2.1 样地调查

行距为 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处都有结皮形成,分别在两种不同规格黄柳沙障第 1 排、第 2 排及第 3 排的基部处以及远离沙障基部 2 m 处(作为对照)分别选取 1 m<sup>2</sup> 结皮的样方各 3 个。在结皮样方内用土铲和镊子获取结皮层,用游标卡尺测定结皮厚度,然后收集部分结皮用于实验室分析。

### 2.2 测试指标

pH 值用 pH-10 pH 计测定,土壤有机质用 KCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 容量法—外加加热法测定,全 N 用 KDN-08C 定氮仪测定,全 P 用 755B 紫外可见分光光度法测

定,速效 N 用 KDN-08C 定氮仪测定,速效 P 用 755B 紫外可见分光光度法测定,土壤粒径用 CLY-2000 激光粒度分布仪测定。

### 2.3 数据处理

利用 Excle2003, SAS9.0 进行数据处理。

## 3 结果与分析

### 3.1 地表结皮酸碱度

土壤酸碱性是土壤化学性质的一个重要方面,对土壤肥力性质有着较大的影响,是影响植物生长的重要因素之一。微生物的活动、土壤有机质的分解、土壤元素释放与转化以及土壤元素迁移都与酸碱度有关<sup>[8]</sup>。由图 1 可知,两种不同行距的沙障土壤 pH 值差异变化较小。行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障第 1, 2, 3 排基部处结皮的 pH 值都呈微碱性,远离沙障基部 2 m 处土壤的 pH 值都呈微酸性,这与有关研究结论一致<sup>[9]</sup>。

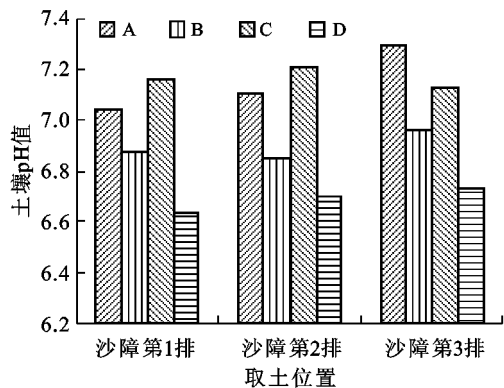


图 1 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤 pH 值

A 表示行距 5 m 沙障基部; B 表示行距 5 m 沙障对照; C 表示行距 8 m 沙障基部; D 表示行距 8 m 沙障对照。

### 3.2 地表结皮养分含量

流动沙丘建立人工植被后,随着人工植被盖度的增大沙丘逐渐固定,风沙流活动减弱,从而使空气中的尘埃及细颗粒物逐渐沉积。同时每年有大量的枯枝落叶进入土壤,在水热条件、微生物和动物的作用下,枯枝落叶及植物根系的残留物发生一系列的化学变化,地表逐渐形成了灰褐色的结皮层。结皮的形成和土壤理化性质的变化意味着成土作用的加强。这一变化同时也为沙地植被向更高阶段的演变创造了条件,使下层天然植被也逐渐发育起来,地上现存生物量逐渐增加,植被对土壤的生物改造作用逐渐增强。经过腐殖质变化过程,土体中这些有机质中的一部分最终形成土壤腐殖质,使土壤有机质、全 N 含量等提高,土壤的养分状况得到改善<sup>[10]</sup>。表 1 为行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤养分变化。

表 1 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤养分变化

类型	取土位置	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	全 N/(g·kg <sup>-1</sup> )	全 P/(g·kg <sup>-1</sup> )	速效 N/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效 P/(g·kg <sup>-1</sup> )
行距 5 m	第 1 排基部处	0.137	0.069	0.197	1.143	4.798
	第 1 排对照样	0.034	0.016	0.058	1.375	1.685
	第 2 排基部处	0.115	0.018	0.038	1.830	5.501
	第 2 排对照样	0.078	0.009	0.014	2.058	3.794
	第 3 排基部处	0.037	0.034	0.053	3.430	3.492
	第 3 排对照样	0.035	0.011	0.049	3.659	1.785
行距 8 m	第 1 排基部处	0.231	0.041	0.097	3.201	12.33
	第 1 排对照样	0.122	0.037	0.015	4.116	3.794
	第 2 排基部处	0.254	0.014	0.063	4.345	9.097
	第 2 排对照样	0.041	0.012	0.017	4.573	3.794
	第 3 排基部处	0.253	0.034	0.059	5.259	9.518
	第 3 排对照样	0.083	0.016	0.026	5.488	3.291

3.2.1 土壤有机质 土壤有机质是土壤肥力的物质基础,它是各种营养元素的主要来源,是衡量土壤肥力高低的一个重要指标,而且有机质的积累和分解作用的相对强度决定了土壤氮素含量<sup>[11]</sup>。沙障设置后沙丘土壤有机质主要来源有 3 种:随风携带的营养物质,被风蚀的沙柳沙障剥落物及沙丘土壤中动物残体和排泄物,其中活沙障源源不断的枯枝落叶将增加土壤有机质含量。黄柳沙障的生长主要靠土壤自然肥力以及天然降水,一方面土壤为其生长供应养分,另一方面黄柳生长发育过程中通过凋落物和根系分泌物等的作用,对沙障土壤肥力产生明显的作用。

通过表 1 中行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤有机质数据得到图 2。由图 2 可知,行距 8 m 黄柳沙障第 1, 2, 3 排基部处的有机质含量大于行距 5 m 的含量,分别高出 68.6%, 120%, 586.5%。行距 5 m 黄柳沙障基部处的有机质含量都大于对照样的有机质含量,分别高出 302.9%, 47.4%, 5.7%, 行距 8 m 黄柳沙障基部处的有机质含量都大于对照样的有机质含量,分别高出 89.3%, 517.1%, 206%。这与植物生长过程中枯落物、根系、根毛及根表皮分解有关<sup>[9]</sup>。行距 5 m 的黄柳沙障第 1, 2, 3 排基部处土壤的有机质含量第 1 排 > 第 2 排 > 第 3 排, 但对照样处土壤有机质含量第 2 排 > 第 3 排 > 第 1 排。行距 8 m 的黄柳沙障第 1, 2, 3 排基部处土壤的有机质含量第 3 排 > 第 2 排 > 第 1 排, 但对照样的有机质含量第 1 排 > 第 3 排 > 第 2 排。方差分析结果表明,行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处的有机质含量有显著差异( $P=0.0087$ ), 但对照样有机质含量无显著差异。行距 5 m 黄柳沙障基部处与对照样有机质含量无显著差异, 行距 8 m 黄柳沙障基部处与对照样有机质含量有显著差异( $P=0.0026$ )。

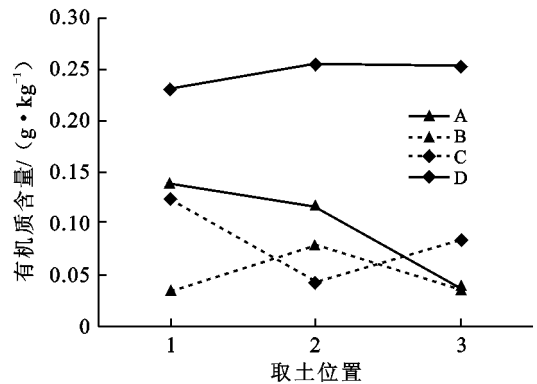


图 2 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤有机质

A 表示行距 5 m 沙障基部; B 表示行距 5 m 沙障对照;  
C 表示行距 8 m 沙障基部; D 表示行距 8 m 沙障对照。

3.2.2 土壤全 N 和全 P 含量 N, P, K 是植物生命活动必不可少的营养元素。土壤全 N 量通常用于衡量土壤 N 素的基础肥力。P 素是一种沉积性矿物,在成土过程中,生物的富集迁移是 P 素累积的主导性因素,土壤全 P 含量主要受土壤母质中矿物成分、土壤质地等因素的影响。

通过表 1 中行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤全 N 和全 P 数据得到图 3。由图 3 可知行距 5 m 黄柳沙障第 1, 2, 3 排基部处的全 N 含量大于行距 8 m 的含量,分别高出 68.3%, 28.6%, 5.9%。对照样的含量反而是行距 8 m 沙障大于行距 5 m 沙障,分别高出 131.3%, 33.3%, 45.5%。行距 5 m 黄柳沙障基部处比对照样处全 N 含量分别高出 331.3%, 100%, 209.1%; 行距 8 m 黄柳沙障基部处比对照样处全 N 含量分别高出 10.8%, 16.7%, 112.5%。行距 5 m 黄柳沙障基部处比对照样处全 P 含量分别高出 239.7%, 171.4%, 8.2%, 行距 8 m 黄柳沙障基部处比对照样处

全 P 含量分别高出 546.7%, 270.6%, 126.9%。方差分析结果表明, 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障之间基部处及对照样处全 N 和全 P 的含量均无显著差异。行距 5

m 黄柳沙障基部处与对照样处全 N 和全 P 的含量均无显著差异。行距 8 m 黄柳沙障基部处与对照样全 P 有显著差异( $P=0.0128$ ), 全 N 含量无显著差异。

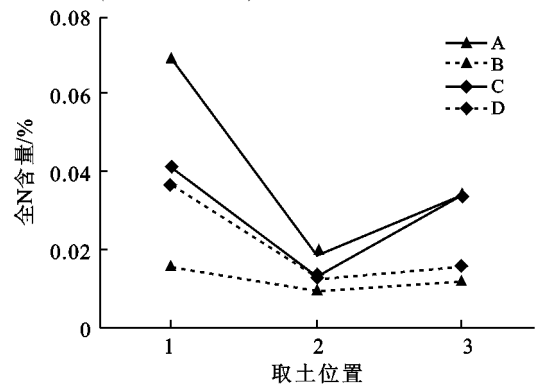
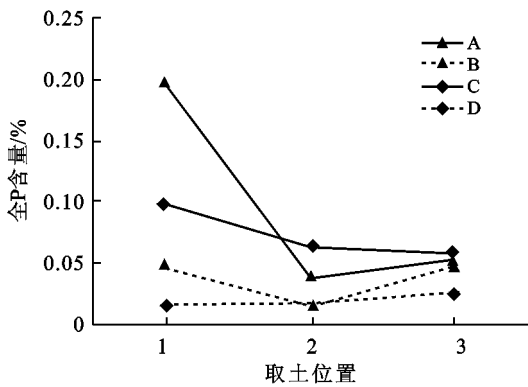


图 3 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤全 N 和全 P 含量

A 表示行距 5 m 沙障基部; B 表示行距 5 m 沙障对照; C 表示行距 8 m 沙障基部; D 表示行距 8 m 沙障对照。

3.2.3 土壤速效 N 和速效 P 含量 速效养分的变化主要取决于土壤中各种微生物的活动。微生物是土壤中 N 转化的动力。N 在土壤中从不能被植物直接利用的有机氮转化为无机氮, 难溶性 P 转化为可溶性 P 也是由土壤中溶磷微生物控制的<sup>[9]</sup>。

的速效 N 含量大于基部处, 行距 5 m 沙障分别高出 20.0%, 12.5%, 6.7%; 行距 8 m 沙障分别高出 28.6%, 5.2%, 4.4%。而速效 P 的含量变化为行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处的含量大于对照样, 行距 5 m 分别高出 184.7%, 45.0%, 95.6%; 行距 8 m 分别高出 225%, 139.8%, 189.2%。方差分析结果表明: 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障对照样处速效 N 的含量有显著差异( $P=0.04$ )。行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处速效 P 含量具有显著差异( $P_1=0.008$ ), 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障对照样处速效 P 含量具有显著差异( $P_2=0.017$ )。行距 5 m 沙障基部处与对照样处速效 P 的含量具有显著差异( $P_1=0.02$ ), 行距 8 m 沙障基部处与对照样处速效 P 的含量具有显著差异( $P_2=0.003$ )。

通过表 1 中行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤速效 N 和速效 P 数据得到图 4。由图 4 可知, 行距 8 m 黄柳沙障基部处和对照样处速效 N 和速效 P 的含量都大于行距 5 m 沙障基部处和对照样处。行距 8 m 沙障基部处和对照样处速效 N 含量比行距 5 m 的分别高出 180%, 137.4%, 53.3%, 200%, 122.2%, 50%; 速效 P 的含量分别高出 157%, 65.4%, 172.6%, 125.2%, 35.8%, 84.4%。行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障对照样处

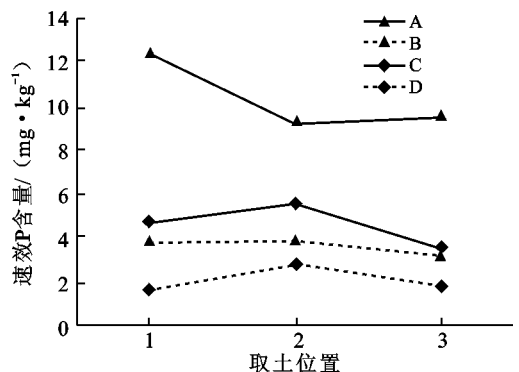
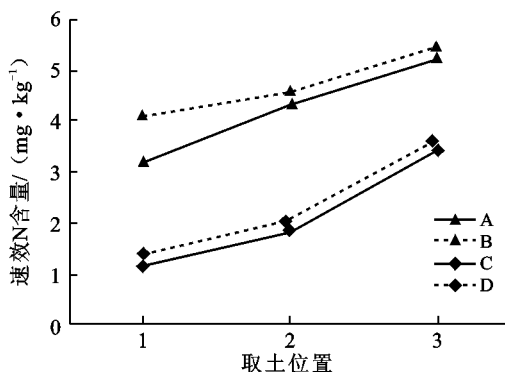


图 4 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障土壤速效 N 含量

A 表示行距 5 m 沙障基部; B 表示行距 5 m 沙障对照; C 表示行距 8 m 沙障基部; D 表示行距 8 m 沙障对照。

### 3.3 地表结皮粒径

土壤机械组成的变化是由于流动沙丘上建立人工植被后, 沙面小环境得到改善, 粉沙被风吹走的程度减弱。同时由于在固沙区内风速降低, 植被盖度较大, 使大量的风积物质沉降在土壤表层, 于是粉沙和

物理性黏粒有了一定程度的增加, 粗粒所占比重相对减少<sup>[10]</sup>。行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处结皮与对照土样机械组成分析结果见表 2。由表 2 得知, 两种不同行距黄柳沙障基部处和对照土壤沙粒机械组成差异不显著, 主要是砂粒, 其次为粉粒。但仔细分析

表 2 中的数据发现, 颗粒粒径愈小, 沙障基部处含量总是大于对照土样, 0.02 mm 以下各等级就是如此。这说明在降雨过程中, 结皮的形成是细小颗粒填塞的结果<sup>[12]</sup>。

行距 5 m 黄柳沙障基部处第 1 排和第 2 排黏粒和粉粒含量都大于行距 8 m 的含量, 分别高出 34.3%, 5.7%, 184.7%, 74%。对照样两种不同行距黄柳沙障之间黏粒和粉粒的含量没有明显的变化规律。行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部下黏粒和粉粒的含量都高于对照样, 这与前人研究的相一致。

行距 5 m 黄柳少障第 1 排、第 2 排和第 3 排基部处黏粒含量分别比对照样高出 11.1%, 24.7%, 7.4%; 行距 5 m 黄柳沙障第 1 排、第 2 排和第 3 排基部处粉粒含量分别比对照样高出 290.7%, 300%, 36.2%。

行距 8 m 黄柳沙障第 1 排、第 2 排和第 3 排基部处黏粒含量分别比对照样高出 52.3%, 15.8%, 1.2%; 行距 8 m 黄柳沙障第 1 排、第 2 排和第 3 排基部处粉粒含量分别比对照样高出 82.9%, 30.6%, 4.5%。方差分析结果表明, 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处和对照样黏粒和粉粒之间均无显著差异。

表 2 土壤沙粒机械组成变化

类型	取土位置	沙粒的机械组成/%		
		黏粒	粉粒	砂粒
5 m	第 1 排基部处	0.90	6.72	92.38
	第 1 排对照样	0.81	1.72	97.47
	第 2 排基部处	1.16	6.68	92.16
	第 2 排对照样	0.93	1.67	97.40
	第 3 排基部处	0.58	1.58	97.84
	第 3 排对照样	0.54	1.16	98.30
8 m	第 1 排基部处	0.67	2.36	96.97
	第 1 排对照样	0.44	1.29	98.27
	第 2 排基部处	0.88	3.84	95.28
	第 2 排对照样	0.76	2.94	96.30
	第 3 排基部处	0.83	3.69	95.48
	第 3 排对照样	0.82	3.53	95.65

## 4 结论

(1) 两种不同行距的黄柳沙障基部处以及距基部 2 m 处结皮 pH 值分析结果表明, 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处土壤 pH 值都显微碱性, 对照样处土壤 pH 值显微酸性。但两种不同行距黄柳沙障之间的 pH 值差异不显著。

(2) 两种不同行距黄柳沙障基部处的有机质、全 N 和全 P 含量均大于对照样, 说明灌木在其生长发育过程中根际碳、氮会逐渐富集, 从而有利于贫瘠沙地土壤养分的恢复<sup>[9]</sup>。行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障基部处速效 P 含量都大于对照样, 而速效 N 含量, 行距 5 m 和 8 m 黄柳沙障对照样处含量都大于基部处, 并且行距 8 m 基部处和对照样处速效 N 和速效 P 含量都大于行距 5 m。

(3) 两种不同行距黄柳沙障基部处结皮的机械组成都以砂粒为主, 与对照样处土壤相比, 粒径小于 0.02 mm 的颗粒数量增加。在降雨、侵蚀作用下, 结皮的形成是以砂粒为骨架、粒径小于 0.02 mm 的细小颗粒填塞土壤孔隙的一个物理过程。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 朱俊凤, 朱震达. 中国沙漠化防治 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 167—168.
- [2] 段争虎, 刘新民, 屈建军. 沙坡头地区土壤结皮形成机理的研究 [J]. 干旱区研究, 1996, 13(2): 31—36.
- [3] 李新荣, 张景光. 干旱沙漠区土壤微生物结皮及其对固沙植被影响的研究 [J]. 植物学报, 2000, 42(9): 965—970.
- [4] Onofriok O, Sinner M J. Scanninn electron microscope studies of surface crusts formed by simulated rainfalls [J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1984, 48: 1138—1143.
- [5] Ahmad N, Robilin A J. Crustinn of river state soil in Trinidad and its effect on gaseous diffusion, percolation and seeding emergence [J]. Soil Sci. J., 1971, 22: 23—31.
- [6] 李新荣, 贾玉奎, 龙利群, 等. 干旱半干旱地区土壤微生物结皮的生态学意义及若干研究进展 [J]. 中国沙漠, 2001, 21(1): 4—11.
- [7] 朱远达, 蔡强国, 胡霞, 等. 土壤理化性质对结皮形成的影响 [J]. 土壤学报, 2004, 41(1): 13—19.
- [8] 鲍文, 包维楷. 岷江上游中山区次生灌丛与人工油松林土壤理化性质比较研究 [J]. 水土保持通报, 2004, 24(5): 10—13.
- [9] 黄刚, 赵学勇, 张铜会, 等. 科尔沁沙地 3 种灌木根际土壤 pH 值及其养分状况 [J]. 林业科学, 2007, 43(8): 138—142.
- [10] 曹成有, 蒋德明, 全贵静, 等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿人工固沙区土壤理化性质的变化 [J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 108—131.
- [11] 杨树林. 沙柳集束沙障固沙技术探讨 [J]. 内蒙古林业科技, 2004(3): 27—28.
- [12] 吴发启, 范文波. 坡耕地黄壤土结皮的理化性质分析 [J]. 水土保持通报, 2001, 21(4): 22—24.