

新型土壤改良剂 Arkadolith 对沙质土壤主要物理性质的影响

张宾宾, 郭建斌, 蒋坤云, 贾子利, 程中秋, 李志洪

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要:通过室内盆栽试验,研究了新型土壤改良剂 Arkadolith 不同施用率(0.4%, 8%, 12%, 16%)对风沙土主要物理性质的影响。结果表明:施加土壤改良剂 Arkadolith 降低了土壤容重和比重,提高了土壤孔隙度与孔隙比;能明显降低沙质土壤中砂粒的含量,粒级 0.05~0.01 mm 的粉粒比对照降低 12.5%~18.3%,提高了黏粒和物理性黏粒的含量,使原来无黏粒的沙土出现了少量的黏粒,<0.01 mm 物理性黏粒增加 3.3~4.0 倍。施加土壤改良剂 Arkadolith 改良了土壤结构,4 种处理土壤各粒级团聚体相较于对照均有明显的增加,以>5 mm 和>0.25 mm 两者为例,增加幅度分别为 28.84%~66.67%和 28.21%~63.49%。同时土壤改良剂 Arkadolith 的施用改善了沙土的持水能力和供水水平,且持水能力表现为随着改良剂施用率增加而增强。这些指标表明,施用土壤改良剂 Arkadolith 能有效地改善沙质土壤物理特性,增强沙土的保水能力。

关键词:土壤改良剂 Arkadolith; 沙质土壤; 土壤物理性质

中图分类号:S153; S156.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0059-04

Effect of New Soil Modifier Arkadolith on Physical Properties of Sandy Soil

ZHANG Bin-bin, GUO Jian-bin, JIANG Kun-yun, JIA Zi-li, CHENG Zhong-qiu, LI Zhi-hong

(School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: A Study on effects of different Arkadolith new soil modifier application rate(0.4%, 8%, 12%, 16%) on main physical properties in sandy soil was conducted in laboratory. The results showed that the soil bulk density and specific weight of soil decreased, but the porosity and void ratio increased. Compared to sandy soil, the content of sand decreased, the content of 0.05~0.01 mm sand decreased by 12.5%~18.3%, the content of clay particle, physical clay increased by Arkadolith application, <0.01 mm physical clay increased by 3.3~4.0 times. The amount of >5 mm and >0.25 mm of cluster, for example, increased 28.84%~66.67% and 28.21%~63.49%, respectively, indicating that it has improved soil structure. It also showed the improvement effect of soil water holding capacity and standard of water supply, besides, holding capacity increased with soil modifier application rate. The results show that Arkadolith could effectively improve soil physical properties and enhance water-retention capacity.

Key words: new soil modifier Arkadolith; sandy soil; soil physical property

土壤作为植物根系生长发育的基质,要源源不断地供给植物正常生长过程所需要的营养物质、水分和空气,因此,协调这些物质的供应对于植物的良好生长具有重要的意义。而土壤的各种物理特性正是发挥这种调节功能的前提和基础,因为它不仅决定着土壤中水、气、热和生物状况,而且也影响着土壤中植物营养元素的有效性和供给能力^[1]。风沙土土质疏松,

土壤部分或几乎全由细砂颗粒组成,且沙层深厚,颗粒均一,细沙含量(0.25~0.05 mm)多在 90%以上,黏粒含量(<0.001 mm)很低,一般都在 2%以下,土壤透水性、透气性高,沙土的这些特点严重影响了植物的生长,地表缺乏植被覆盖,因而也加剧了沙粒的移动,从而使有机质随土壤表层细土物质被大量吹失,导致土壤的恶性循环。本文通过室内盆栽试验,

收稿日期:2011-04-01

修回日期:2011-05-13

资助项目:“948”国家林业局引进国际先进林业科学技术项目(2008-4-44)

作者简介:张宾宾(1988—),男,山东临沂人,在读硕士研究生,主要从事生态环境工程方向的研究。E-mail:linxue631@126.com

通信作者:郭建斌(1962—),男,陕西韩城人,副教授,博士,主要从事生态环境修复研究。E-mail:jianbinguo@bjfu.edu.cn

探究土壤改良剂 Arkadolith 改良沙土的物理特性及土壤水分性状变化的效应,为利用土壤改良剂 Arkadolith 改良内蒙古沙区沙质土壤提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试土样 土样采自于内蒙古林科院达拉特旗沙漠综合科学研究所的风沙土。该站地处库布齐沙漠东缘。该区位于黄河以南的二级阶地上,属中温带大陆性季风气候,年平均降水量一般为 240~360 mm,年平均蒸发量 2 160 mm。极端最高气温 40.2℃,极端最低气温 -34.5℃,≥10℃ 年有效积温为 3 197.4℃,无霜期为 130~140 d,8 级以上大风日数 27 d,扬沙日数 58 d,多出现在 3~5 月,年平均风速 3.3 m/s,最大瞬时风速达 30 m/s。该土壤为典型的沙土,土壤颗粒中砂粒含量达到总量的 94%,粉粒约为 5%,而黏粒几乎没有。采样方法:按梅花取样法,在 0~20 cm 的土层分别取混合土样、原状土。

1.1.2 供试试剂 土壤改良剂 Arkadolith 作为一种天然矿物的混合物,由 9 种不同矿物组成,这些矿物在中国均有分布。该种混合物通过一定工艺可以去除富含营养的生活污水和特定范围内的工业废水中的阴离子(NO_3^- 、 PO_4^{3-}),同时将阴离子的养分吸附在矿物的表面,一方面达到净化水质的目的,另一方面则形成富含养分的土壤改良剂。该种土壤改良剂可以根据植物对养分的需求释放适量营养物质,作用高效持久,同时可以改善土壤的水文特性,提高保水、持水能力,且不会造成二次污染。由于土壤改良剂 Arkadolith 是一种天然矿物组成的土壤改良剂,改良土壤的作用长久、高效,同时天然矿物无污染,使用安全,应用前景广阔。该种改良剂的土壤化学性质见表 1。

表 1 改良剂 Arkadolith 的土壤化学性质

有机质/%	全氮/%	速效氮/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	EC/($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)
0.92	0.49	29.7	32.1	100.8	376

1.2 试验处理与方法

试验于 2010 年 4~10 月于北京鹫峰森林公园人工气候室内进行,试验采用规格为 30 cm(内径)×22 cm(高)的底部带有出水孔的花盆进行试验。试验共设置 4 个处理,分别为:(1)CK:对照,不添加任何改良剂;(2)A₁:改良剂的施用率为沙土质量的 4%;(3)A₂:改良剂的施用率为沙土质量的 8%;(4)A₃:改良剂的施用率为沙土质量的 12%;(5)A₄:改良剂

的施用率为沙土质量的 16%。每种处理设置 3 次重复,共计 15 盆。土样配好后放在室内培养,培养期间每隔 15 d 灌水一次,并使各处理达到水饱和状态。这样处理的目的是模拟自然条件下土壤的干湿交替作用,以使不同处理的土样形成一定的“土壤结构”。经过 6 个月的处理后,每个花盆利用环刀分别取样一次,保证每项试验指标 3 个重复。

土壤容重和孔隙度采用环刀法测定;土壤机械组成采用 X-ray 颗粒光栅扫描分析仪分析;水稳性团聚体利用湿筛法进行测定;土壤水分特征曲线采用离心机法测定。

所获得的数据用 Excel 和 SPSS 统计软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 Arkadolith 的施用对土壤比重、容重及孔隙度的影响

通常土壤孔隙度及孔隙比是衡量土壤孔性的重要指标,而两者与土壤的比重和容重又有着密切的联系。土壤比重的数值大小主要取决于土壤固相组成物质的种类和相对含量,土壤容重受质地、结构性、松紧度影响较大^[2]。由测定结果可以看出(表 2),随着改良剂施用量的增加,各处理土壤容重、比重相较于对照呈现出逐渐降低的趋势,其中土壤容重、比重的降低幅度分别为 6.12%~18.37% 和 8.08%~17.51%。而孔隙度与土壤容重呈负相关,容重愈小,则孔隙度愈大,与 CK 相比,孔隙度增加幅度为 5.37%~27.17%,孔隙比与孔隙度变化规律相同。经回归分析,得出土壤容重与总孔隙度的回归方程为

$$f_0 = -0.413\rho_b + 1.013, \quad R^2 = 0.953$$

式中: f_0 ——土壤孔隙度(%); ρ_b ——土壤容重(g/cm^3)。经方差分析证明,施加土壤改良剂各处理容重、比重、孔隙度、孔隙比较对照达差异极显著水平($P < 0.01$)。

表 2 不同处理对土壤容重、比重、及孔隙度的影响

处理	比重	容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	孔隙度/ %	孔隙比/ %	有机质/ %
CK	2.97A	1.47A	41.51D	0.71D	0.26
A ₁	2.73B	1.38B	43.74C	0.78C	0.34
A ₂	2.66BC	1.34BC	44.92C	0.82C	0.40
A ₃	2.56C	1.26C	48.63B	0.95B	0.48
A ₄	2.45C	1.20C	52.79A	1.12A	0.56

注:表中数据为 3 次测定结果的平均值,同一列数据末尾标注不同字母,表示处理间差异达到 1% 显著水平(L. S. D. 法),下同。

2.2 Arkadolith 的施用对土壤机械组成的影响

沙土机械组成是其本身成土过程的必然结果,决定着沙土的持水与保肥能力。细颗粒能够促进水分的保持与养分的供给,为植物的生长创造条件。一般来说,沙地水分与营养状况取决于 0.05 mm 以下粒级,该粒级含量越多,土壤水分与养分含量就越高^[3]。对本试验各处理土壤的机械组成进行测定,得到土壤机械组成变化表(表 3)。由表 3 可以发现,添加改良剂对粒级在 1~0.05 mm 之间的砂粒没有明显的影响,当粒级<0.05 mm 时,4 种处理土壤粒径分布相比对照有了一定的区别,表现为小粒径颗粒有所增加,但各添加改良剂处理粒径分布大体一致。各改良剂处理与 CK 相比,粒级在 0.01~0.005 mm 和

0.005~0.001 mm 之间的粉粒、<0.01 mm 物理性黏粒都呈现增加的趋势,分别增加 2.4~3.2 倍、7.9~11.1 倍和 3.3~4.0 倍。其中以上两种粉粒以及物理性黏粒均以 A₁ 处理增加最大。而粒级在 0.05~0.01 mm 的粉粒与 CK 相比则呈现降低的趋势,降低幅度为 12.5%~18.3%。其中以 A₃ 处理降低最多,A₂ 处理降低最小。同时也可以发现,通过添加土壤改良剂 Arkadolith,使原来无黏粒的沙土出现了少量的黏粒并且物理性黏粒含量由原来的 5.23% 增加到 17.3%~21.1%,使土壤质地类型由沙土转变为壤质沙土,土壤质地的改良是有效改善土壤水分性状的关键因素,改良剂的施用对沙土质地改良明显,从而能有效改变沙质土壤不良的水分物理性状。

表 3 不同处理对土壤机械组成的影响 %

处理	砂粒		粉粒		黏粒	物理性黏粒
	1~0.05 mm	0.05~0.01 mm	0.01~0.005 mm	0.005~0.001 mm	<0.001 mm	<0.01 mm
CK	15.94	78.83	4.84	0.39	0	5.23
A ₁	12.44	66.51	15.46	4.34	1.25	21.05
A ₂	13.76	68.95	11.69	3.07	2.53	17.29
A ₃	15.74	64.37	12.48	4.24	3.17	19.89
A ₄	13.58	65.88	12.87	4.32	3.35	20.54

2.3 Arkadolith 的施用对土壤结构的影响

土壤结构是土壤中各种不同大小、形态和性质的土壤团聚体的总和。良好的土壤结构状况是质与量的结合,一方面要有较多的孔隙容量及适当的孔径分配;另一方面要有一定的稳定性,尤其是水稳性,能使土壤保持良好的孔隙状况^[4]。表 4 为本试验各处理土壤不同粒级水稳性团聚体组成。由表 4 可以看出,随着改良剂施用量的增加,各粒级团聚体相较于对照均有明显的增加,以>5 mm 和>0.25 mm 两者为例,增加幅度分别为 28.84%~66.67%和 28.21%~63.49%,其中>5 mm 团聚体总量以 A₃ 增加最大、>0.25 mm 团聚体总量以 A₄ 增加最大。这主要是由于土壤改良剂 Arkadolith 含有多矿物(如高岭石、水铝矿等),而这些矿物具有较大的比表面和较强的静电场,施用后可以把细土和黏粒吸附到它的周围,渐渐形成微团聚体,使得水稳性团聚体较对照显著增加,另外该改良剂还含有在工业废水中吸附的大量养分,可明显增加沙土中有机质等养分含量,而有机质是土壤团聚体形成重要的物质基础。对>5 mm 和>0.25 mm 团聚体总量进行方差分析表明,各处理较对照均达到差异极显著水平($P<0.01$)。

2.4 Arkadolith 的施用对土壤水分特征的影响

土壤水分特征曲线反映了土壤持水的基本特性,用环刀取原状土,用离心机法测定土壤水特征曲线。由图 1 可以看出,对照及 4 种处理的土壤水分特征曲

线逐渐向右移动,表现出明显的规律性,即随着改良剂施用量的增加,相同土壤吸力时土壤含水量逐渐增加,这表明土壤改良剂 Arkadolith 的施用改变了沙土水分特征,提高了沙质土壤水分的吸持能力。且这种趋势表现为随着改良剂施用量的增加而增强。土壤有效水是易被植物根系吸收利用的水分。一般认为,介于 0.03 MPa 和 1.5 MPa 土壤吸力中的土壤水是土壤有效水的数量^[5]。通过添加改良剂 Arkadolith 提高土壤有效水的含量,4 种处理较对照增加 30.7%~75.5%,其变化趋势表现为随着改良剂施用率的增加,土壤有效水含量也增多。但同时需要说明的是 4 种处理土壤水分特征曲线仍表现出在较小吸力下平缓,而较大吸力时陡直的典型的沙质土壤水分特征,这主要是因为虽然通过添加改良剂,使原沙土中粉粒和黏粒有一定程度的增加,但其质地组成中砂粒还是占其主要部分,即质地类型没有本质的变化。

表 4 不同处理对土壤团聚体组成的影响 %

处理	>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm	>0.25 mm
CK	2.67C	6.23	11.45	15.21	7.47	43.03D
A ₁	3.44B	7.35	13.71	19.53	11.14	55.17C
A ₂	3.27B	8.42	12.96	18.83	13.91	57.39C
A ₃	4.82A	7.97	16.88	23.13	13.43	66.23B
A ₄	4.45A	9.35	19.13	24.54	12.88	70.35A

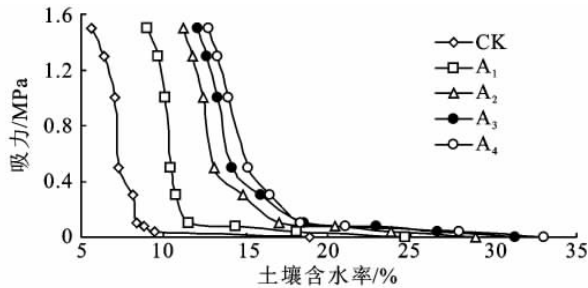


图 1 各处理土壤水分特征曲线(脱湿曲线)

将 CK 及施加改良剂各处理的土壤水分特征曲线采用 Gardner 的幂函数经验公式 $H=A\theta^{-B}$ 进行拟合^[6], 其中 H 为土壤吸力 (MPa), θ 为土壤含水率 (%), A, B 为系数。土壤比水容量 $C\theta$ 是评价土壤水分有效性的重要指标, 是指单位土壤基质势变化所引起的含水率变化, 即 $C\theta = d\theta/d\varphi_p = -d\theta/dH$ ^[7]。因此, 为进行土壤比水容量的比较分析, 将 Gardner 的幂函数经验公式转换得到以 θ 为因变量的关系式:

$$\theta = AH^{-B} \quad (1)$$

比水容量在数值上等于土壤水分特征曲线的斜率, 故对式(1)求导得:

$$C\theta = -d\theta/dH = ABH^{-(B+1)} \quad (2)$$

表 5 不同处理土壤水分特征曲线拟合方程及参数

处理	$\theta = AH^{-B}$	R^2	$A \cdot B$	$B+1$
CK	$\theta = 6.469H^{-0.145}$	0.958	0.938	1.145
A ₁	$\theta = 9.770H^{-0.138}$	0.931	1.348	1.138
A ₂	$\theta = 12.632H^{-0.137}$	0.913	1.731	1.137
A ₃	$\theta = 13.653H^{-0.141}$	0.892	1.925	1.141
A ₄	$\theta = 14.099H^{-0.139}$	0.915	1.960	1.139

表 5 显示, Gardner 的幂函数经验公式较好地模拟了各种处理土壤水分特征曲线, 拟合度均高于 0.89。一般参数 A 表示土壤水分特征曲线的高低, 即持水能力的大小, A 值越大, 持水能力越强。此外, 式(2)比水容量公式中指数 $(B+1)$ 表示含水率随吸力变化快慢程度, $B+1$ 越大, 土壤水分含量变化越快, 即脱水曲线中土壤失水越快。由表 5 可以看出, 相较于对照, 由于改良剂的施加使 A 值增大明显, 而 $B+1$ 相对减小, 据此可以得出, 改良剂的施用增强了沙土持水能力和供水水平, 且持水能力表现为随着改良剂施用率增加而增强的趋势。

3 结论

(1) 施用土壤改良剂 Arkadolith 后, 4 种处理土壤的容重、比重与 CK 相比呈下降趋势, 且随着施用量的增加而逐步减小, 孔隙比与孔隙度变化规律相同。同时, Arkadolith 的施用有效地降低了沙土的沙质特点, 改良了沙土的机械组成, 表现在通过施加改良剂, 粒径在 0.01~0.005 mm 和 0.005~0.001 mm 之间的粉粒、<0.01 mm 物理性黏粒都呈现增加的趋势, 而粒径在 0.05~0.01 mm 之间的粉粒与 CK 相比则呈现降低的趋势。

(2) 由于土壤改良剂 Arkadolith 具有较大的比表面和较强的静电场, 施用后可以把细土和黏粒吸附到它的周围, 渐渐形成微团聚体。随着改良剂施用量的增加, 各粒级团聚体相较于对照均有明显的增加, 各处理较对照均达到差异极显著水平 ($P < 0.01$)。

(3) 利用 Gardner 的幂函数经验公式 $H=A\theta^{-B}$ 较好地拟合了不同处理土壤水分特征曲线, 得出 Arkadolith 的施用增强了沙土持水能力和供水水平, 且持水能力表现为随着改良剂施用率增加而增强的趋势。

参考文献:

- [1] 王夏晖, 王益权. 黄土高原几种主要土壤的物理性质研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 99-103.
- [2] 魏自民, 谷思玉, 赵越, 等. 有机物料对风沙土主要物理性质的影响[J]. 吉林农业科学, 2003, 28(3): 16-18.
- [3] 范圣库, 高占彪, 何万义, 等. 宣化县黄羊滩风蚀沙地土壤物理性质的研究[J]. 河北林业科技, 2010(1): 1-3.
- [4] Tisdall J M, Osdas J M. 土壤中的有机质和水稳性团聚体[J]. 土壤学进展, 1985(2): 32-39.
- [5] 张航, 徐明岗, 张富仓, 等. 陕西农业土壤持水性能及其与土壤性质的关系[J]. 干旱地区研究, 1994, 12(2): 32-37.
- [6] 吴旭春. 作物在不同位置秸秆覆盖条件下土壤水分运动田间试验研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2007.
- [7] Daniel H. Environmental Soil Physics[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988: 20-23.