

保水剂和微生物菌肥对半干旱区造林和土壤改良的影响

宋双双, 孙保平, 张建锋

(北京林业大学水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 试验分别设置低、中、高浓度保水剂(20, 40, 60 g/株)和微生物菌肥(150, 300, 450 g/株)用于张北半干旱区风沙土樟子松造林。通过分析不同处理对土壤田间持水量、有效水分含量、水稳性团聚体含量、微生物菌落数量和微生物量碳、氮等指标的差异, 研究保水剂与微生物菌肥对土壤物理性质、土壤微生物以及樟子松成活率的影响, 探究适用于干旱、半干旱区樟子松造林的最佳配比。结果表明: 保水剂和微生物菌肥能够显著改良土壤, 提高造林成活率, 但不同浓度配比对各项指标影响效果不同。高浓度保水剂单施对田间持水量, 有效水分含量和水稳性团聚体含量提高最明显, 分别较对照组提高了141%, 150%, 63.8%; 中浓度保水剂和高、中浓度菌肥混施显著提高了土壤微生物活性和土壤微生物量, 其中真菌、细菌和放线菌分别较对照组高77%, 108%, 93%, 微生物碳、氮分别较对照组增加132%, 178%。此外, 施加保水剂和微生物菌肥对樟子松生长具有显著促进作用, 株高、地径平均值分别较对照组提高6%, 12%。保水剂提高樟子松成活率的效果优于其与微生物菌肥混施, 且中浓度保水剂条件下造林成活率最高。在干旱、半干旱区造林时, 采用中浓度保水剂和微生物菌肥配施可以改良土壤, 提高造林成活率。

关键词: 保水剂; 微生物菌肥; 半干旱区; 风沙土; 成活率

中图分类号: S728.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2018)03-0334-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2018.03.050

Research on Soil Absorbent Polymer and Microbial Fertiliser to Improve Semi-arid Soil and Afforestation

SONG Shuangshuang, SUN Baoping, ZHANG Jianfeng

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

Abstract: The mixed applications of an eco-friendly soil absorbent polymer (SAP) and a compound microbial fertiliser (MF) in the aeolian sandy soil was studied for the improvement project of afforestation in Zhangbei County. The mixed applications with low, moderate or high SAP (20, 40, 60g/tree) and MF (150, 300, 450 g/tree) concentrations were used for the afforestation of Scots pine. Differences in field moisture capacities, available water contents, WSA percentages, microbial colony count and soil microbial biomass carbon/nitrogen (S_{mbc}/S_{mbn}) at different mixing ratios were analysed. The effects of SAP and MF on soil physical properties, soil microbes and survival rates of Scots pine were examined. The mixing ratio and amount applicable to afforestation in arid and semi-arid regions were explored. Results showed that SAP and MF could remarkably improve soil and increase survival rate, but the effects of the mixing ratio on these indicators varied with concentrations. When a single highly concentrated SAP was used, the field moisture capacity, available water content and WSA content were increased by 141%, 150% and 63.8% respectively compared with the control. The mixed application of moderate SAP concentration and MF significantly increased the microbial activity and microbial colony count. In particular, the microbial activity and microbial colony count of fungi/bacteria/actinomycetes increased by 77%, 108% and 93% compared with the control, respectively, and the S_{mbc}/S_{mbn} increased by 132%, 178%. The application of SAP and MF significantly promoted plant growth. The plant height and basal diameter respectively increased by 6% and 12% compared with the control. The improvement of survival rate by single SAP was greater than that of the mixed application. The moderate SAP concentrations increased the survival rate of Scots pine. During afforestation in arid and semi-arid regions, the application of moderate SAP concentration mixed with MF could improve soil and increase survival rate of afforestation.

收稿日期: 2017-11-20

资助项目: 河北省张家口地区干旱造林保水材料试验研究项目(2014HXFWSBX003)

第一作者: 宋双双(1990—), 女, 博士研究生, 主要从事水土保持工程研究。E-mail: avasong90@sina.com

通信作者: 孙保平(1956—), 男, 博士, 教授, 主要从事水土保持工程研究。E-mail: sunbp@163.com

Keywords: soil absorbent polymer; microbial fertiliser; semi-arid area; aeolian sandy soil; survival rate

在干旱、半干旱风沙区营造防护林是建设中国生态安全屏障的重要措施,但干旱、半干旱地区风沙土具有土粒分散、结构性差、透水透肥、养分含量低,土地生产能力低下的特点,导致植物恢复困难。如何提高造林成活率和造林质量对“三北”防护林改造工程和京津源风沙治理等防风固沙项目的推进具有重要意义。大量研究^[1-2]表明,土壤水分和养分条件的好坏是直接影响植物生长的关键。为解决造林困难的问题,多种土壤改良剂的应用研究逐渐开展,保水剂(SAP, Super absorbent polymers)作为一种土壤改良剂,能显著增加土壤水分^[3],有效减少养分淋溶^[4],增加土壤水稳性团聚体^[5-6],提高作物成活率^[7-8]。施加 SAP 能促进玉米、小麦、马铃薯等种子萌发和提高作物产量^[9-10]。此外,将 SAP 用于干旱区造林和育苗,通过种子包衣、蘸根或层施等施用方式,显著提高了油松、侧柏、中槐、红柳、柠条、梭梭、紫穗槐等树种的苗木成活率^[11]。目前有关 SAP 的研究多关注在如何促进农作物增产以及提高造林成活率方面。但是,将 SAP 用于半干旱区造林和对风沙土改良的作用机理方面研究较少。

此外,SAP 单施存在功能单一^[3]、残留物易造成土壤二次污染等问题,为此,很多学者对环保型 SAP 以及 SAP 和其他材料复合混施进行了研究。但传统的化肥、有机肥存在投入高、利用率低的问题,长期使用易造成土壤板结,环境污染^[12-13],为保证环境安全和农业可持续发展,微生物菌肥(MF)研究得到开展。微生物菌肥含有固氮、解钾、解磷等微生物,腐殖酸等有机营养物以及大量微量元素,具有改善土壤微生物活性、提高植物抗逆性、促进有机质分解、加快有效养分转化、提高土壤肥力等功能,被广泛用于农业生产^[14-15]。但微生物菌群的生长繁殖需要良好的土壤环境,菌肥的施用效果受到土壤类型、pH、水分等土壤环境影响^[16]。因此,为了探索 SAP 的复合混施以及微生物菌肥在干旱区的应用,将 SAP 与微生物菌肥混施应用于干旱、半干旱地区造林具有一定的研究价值。

本研究依托张家口市张北县半干旱区防护林改造工程,选择环保型 SAP 与复合微生物菌肥,采用野外造林的试验手段,通过设置低、中、高浓度的保水剂和微生物菌肥进行交叉配施,对比不同处理对土壤田间持水量、有效水分含量、水稳性团聚体含量、微生物数量和微生物量碳氮等指标的差异,分析不同浓度配比对风沙土物理性质、土壤微生物活性以及对樟子松成活率的影响,探索适用于干旱、半干旱区造林的改

良材料和混施配比,改良土壤,提高造林成活率,对风沙土造林具有一定的指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于河北省张家口市张北县,属于“三北防护林”过熟林更新改造示范工程(41°07′56″—41°08′00″N, 114°39′46″—114°39′50″E)。试验区属于坝上高寒区,中温带大陆性季风气候,雨热同季,昼夜温差大,干旱、多风、少雨、无霜期短,年日照时间 2 897.8 h,年均降水量 300 mm 左右,集中在 6—8 月,年平均气温 3.2 ℃。试验面积约 5 000 m²,地形为缓坡地,土壤为风沙土,土壤容重为 1.46 g/cm³,总孔隙度,毛管孔隙度和田间持水量分别为 40.65%, 37.52%, 15.84%。水稳性团聚体含量为 50.9%。土壤全氮、全磷、全钾和速效氮、速效磷、速效钾的含量分别为 0.62, 0.29, 23.45 g/kg 和 53.81, 44.69, 63.81 mg/kg,土壤有机质含量为 9.28 g/kg,土壤 pH 8.3。过熟林原有树种主要为杨树,试验前只有少量草本覆盖。

1.2 试验材料

保水材料采用聚丙烯酸钾盐类高分子吸水材料(AG301 台湾塑胶股份有限公司,中国)。性状为白色粉末,粒径为 850~150 μm,密度为 600~700 g/L, pH(1 g/L 去离子水)6~7,反复吸水 8~10 次后吸水倍率下降,残留丙烯酸约 350 mg/L,无添加丙烯酰胺。微生物菌肥采用固体复合微生物菌肥(山西绿色承诺永宝腐肥有限公司,中国)。天然矿物营养包括麦饭石粉(74 μm)、天然沸石粉(74 μm)、生物黄腐殖酸钾合计 30%,风化煤(74~149 μm)70%,添加复合益生菌有效活菌数 $\geq 3 \times 10^9$ cfu/g,主要菌种为固氮菌、光合菌、根瘤菌、解淀粉芽孢杆菌和枯草芽孢杆菌等。试验树种选择当地乡土树种樟子松,为 2 年生容器苗。选择根系完整、长势良好、株高相近的苗木以减小不同样本间的差异。试验第 1 年为养护期,采用水罐车浇水 5 次,每次浇透处理。

1.3 试验设计

樟子松人工林,株行距为 4 m×4 m。穴植,种植穴深 0.5 m,采用干拌的方式,将设计用量试验材料与土壤均匀混合施于樟子松根系的底部和周围,使其均匀分布在 0.2~0.5 m 深度。保水剂设置低、中、高 3 个浓度分别与微生物菌肥低、中、高 3 种浓度进行分组混施处理(表 1),用 A_iB_j 表示,其中 A_i(*i*=1, 2, 3)为保水剂浓度,单位为 g/穴, B_j(*j*=0, 1, 2, 3)为微生物菌肥浓度,单位为 g/穴,设置空白对照组 CK, 一共 13 组处理。每组处理设置 3 个重复,以 R_{m(m)}=

1,2,3)表示,每个重复种植 8 株樟子松,共种植樟子松 312 株。野外试验从 2015 年 5 月和 2016 年 11 月取土壤样品,每个样地随机选取 3 处取样点,取样点位于植物主茎周围 1 m 范围内,取土深度为 0.2~0.4 m,每个取样点共采集 2 份原状土样和 1 份新鲜土样,共 324 份土样。土样分别用来测定土壤物理指标以及土壤微生物指标,每个指标测定 2 次。

表 1 试验设计和浓度配比

处理	用量/(g·株 ⁻¹)		组别
	保水剂	微生物菌肥	
CK(A0B0)	0	0	对照
A1B0	20	0	保水剂低浓度单施
A1B1	20	150	低浓度混施
A1B2	20	300	低、中浓度混施
A1B3	20	450	低、高浓度混施
A2B0	40	0	保水剂中浓度单施
A2B1	40	150	中、低浓度混施
A2B2	40	300	中浓度混施
A2B3	40	450	中、高浓度混施
A3B0	60	0	保水剂高浓度单施
A3B1	60	150	高、低浓度混施
A3B2	60	300	高、中浓度混施
A3B3	60	450	高浓度混施

1.4 土壤水稳性团聚体

土壤水稳性团聚体采用湿筛法测量^[17]。首先将原状土土样风干,按照>5,2~5,1~2,0.5~1,0.25~0.5,<0.25 mm 6 个粒径等级过筛,将>0.25 mm 的 5 个粒径级的土壤按比例称量并配成 100 g 待测土样,使用水稳性团聚体分析测定仪(DM200,上海德玛信息技术有限公司,中国)进行测定。将含有待测土样的套筛放入水桶中,上下振动 30 min,振幅 4 cm。振动结束后分别收集每层筛子上的土壤颗粒,并放入烘箱中 105 ℃烘干 8 h 后称重,计算不同粒径的水稳性团聚体的质量百分含量。

1.5 田间持水量和土壤有效含水量

田间持水量的测量参考威尔科克斯法进行测定^[18],将装有原状土的环刀有孔并铺有滤纸的一端放入盛有水的平底盘中,使其充分吸水,24 h 后取出置于干沙上,放置 8 h,此时的土壤含水量为田间持水量。另外,在称量瓶中加入 20 g 过 1 mm 筛风干土样,并置于下部盛有饱和硫酸钾溶液的干燥器有孔瓷板上,保持 20 ℃恒温放置 1 周,称重后重新放入干燥器中继续吸水,之后每天称重 1 次直至质量不在变化,此时土样的土壤含水量为土壤最大吸湿水含量。利用土壤最大吸湿水含量计算土壤有效水分含量,计算公式为^[19]:

$$W_a = W_c - 1.5 \times W_m \quad (1)$$

式中: W_a 代表有效水分含量(%); W_c 代表田间持水量(%); W_m 代表最大吸湿水量(%)。

1.6 土壤微生物碳、氮和土壤微生物数量

采用氯仿熏蒸浸提法测定土壤微生物碳、氮含量^[20],试验开始时,将待测新鲜土样分为 2 份,1 份进行氯仿熏蒸,1 份空白,之后用 K_2SO_4 浸提。采用总有机碳分析仪(Lotix, Teledyne Tekmar, 美国)分别测定浸提液中的碳含量 C_m 、 C_k ,采用全自动凯式定氮仪(ATN-300, 上海洪纪仪器设备有限公司, 中国)分别测定浸提液中的氮含量 N_m 、 N_k 。微生物量碳氮计算公式为:

$$S_{mbc} = (C_m - C_k) / a \quad (2)$$

$$S_{mbn} = (N_m - N_k) / b \quad (3)$$

式中: S_{mbc} 为土壤微生物碳(mg/kg); S_{mbn} 为土壤微生物氮(mg/kg); C_m 、 C_k 为氯仿熏蒸和空白浸提液中的碳含量(mg/kg); N_m 、 N_k 为氯仿熏蒸和空白浸提液中的氮含量(mg/kg); a 、 b 为转换系数,分别为 0.45、0.54。

土壤微生物数量采用稀释平板法测定^[21],细菌采用牛肉膏-蛋白胨培养基,接种后放于 28 ℃恒温箱培养 1~2 d 后计数,真菌采用 PDA 培养基,接种后 28 ℃恒温培养 1~2 d 后计数,放线菌采用高氏一号培养基,接种后 28 ℃恒温培养 6~7 d 后计数。

1.7 数据分析

运用 Excel 2010、SPSS 20.0 进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对樟子松成活率的影响

由图 1 可知,在施加了保水剂和菌肥后,樟子松的成活率都相比于对照组有所提高,但提高的程度不同。在相同保水剂用量条件下,樟子松的成活率随菌肥施用量的增加而呈现先增加而后下降的趋势。樟子松成活率最大值均出现在中浓度菌肥条件下。而当菌肥用量不变条件下,樟子松的成活率随保水剂的施用而有较大的提升,而后成活率则不随保水剂用量的增加而变化。在不施用保水剂和菌肥的条件下,樟子松的成活率为 79.2%,成活率的最大值出现在 A1B2、A2B2、A3B2,达到了 95.8%,在少量菌肥用量的条件下,樟子松成活率有所增加,但增加的幅度较小,当菌肥用量增加,樟子松成活率出现明显的下降趋势。因此试验的结果表明,低浓度保水剂和中浓度菌肥混施对樟子松成活率提升的效果最佳。

2.2 不同处理对土壤水稳性团聚体的影响

由图 2 可知,施加保水剂和微生物菌肥能够显著提高土壤水稳性团聚体含量。土壤水稳性团聚体总量随单施保水剂浓度增加而增加,含量最大的为 A3B0,较对照组提高 63.8%。保水剂单施均高于该浓度保水剂与微生物菌剂混施各处理,随保水剂浓度

的增加土壤水稳性团聚体总量分别比对照组高 18.8%,26.5%,47.2%。相同保水剂用量下随微生物菌肥浓度提高,水稳性团聚体含量降低。相同微生物菌肥用量下随保水剂浓度提高,水稳性团聚体含量增大,最大值出现在 A3B1,较对照组提高 52.2%。施加保水剂和微生物菌肥对不同粒级团聚体含量提高程度不同,对 0.25~0.5、0.5~1、1~2 mm 3 个粒级土壤水稳性团聚体含量最大值出现在 A3B0,分别较对照提高 44.2%,62.8%,106.3%,2~5、>5 mm 2 个粒级土壤水稳性团聚体含量最大值出现在 A3B1,分别较对照提高 46.9%,370%。

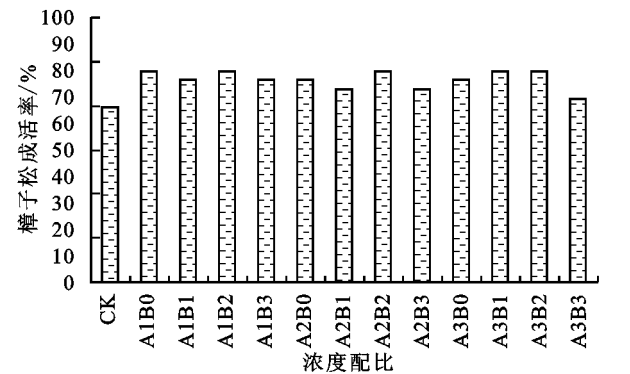


图 1 不同处理条件下樟子松的成活率

施加保水剂后土壤水稳性团聚体含量随保水剂浓度的增加而增加。保水剂能够显著提高土壤水稳性团聚体含量,一方面是保水剂具有吸附作用,保水剂分子吸附于土壤颗粒表面或渗透于土壤颗粒的空隙中,进入土壤团聚体^[22];另一方面是由于保水剂的吸水性能,使其与土壤颗粒通过水吸力粘连在一起,从而形成大团聚体^[23]。在一定范围内,土壤水稳性团聚体含量的增加,代表土壤肥力的增加,这有助于提高造林质量^[3]。混施微生物菌肥后,土壤水稳性团聚体含量虽有增加,且随着菌肥浓度的增加而降低。微生物菌肥中含有大量细菌、真菌和放线菌,这些微生物会分解土壤有机质,并对聚丙烯酸钾高分子聚合物具有一定降解作用,相对于保水剂单施处理,降低了土壤水稳性团聚体含量^[24]。

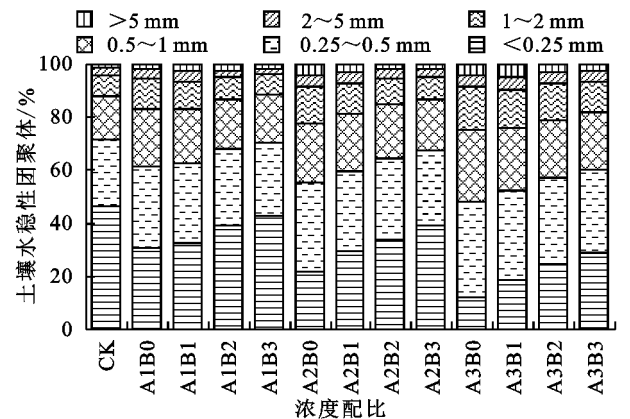


图 2 不同处理下不同粒级土壤水稳性团聚体含量

2.3 不同处理对土壤水分变化的影响

由表 2 可知,施加保水剂和微生物菌肥显著提高了土壤田间持水量、最大吸湿水量和土壤有效水分含量。单施保水剂或混施菌肥浓度不变时,土壤田间持水量随保水剂浓度增大逐渐增大。最大吸湿量随保水剂和微生物菌肥的浓度增大而呈递增趋势。土壤有效水分含量随保水剂浓度增加而呈现递增趋势,低浓度保水剂处理下,随菌肥浓度增大,土壤有效水分含量降低,中高浓度保水剂处理下,与菌肥混施各处理土壤有效水分含量均低于该浓度保水剂单施,且随菌肥浓度增大而呈降低趋势。土壤有效水分含量最高为 A3B0 处理,高于对照组 150%。

表 2 不同处理对土壤水分变化的影响

处理	单位: %		
	田间持水量	最大吸湿量	有效水含量
CK(A0B0)	14.91±0.40a	0.98±0.04a	13.44±0.44a
A1B0	24.32±0.92b	2.07±0.10b	21.22±0.92b
A1B1	25.47±0.68bc	2.15±0.10b	22.25±0.64bc
A1B2	24.36±0.99b	2.19±0.17b	21.08±0.91b
A1B3	23.85±1.34b	2.35±0.21b	20.33±1.18b
A2B0	29.73±1.82d	3.32±0.15c	24.75±1.71cde
A2B1	28.28±1.07cd	3.48±0.24c	23.06±0.70bcd
A2B2	27.74±1.33cd	3.78±0.23cd	22.07±0.99bc
A2B3	27.99±0.44cd	4.41±0.59de	21.38±1.31b
A3B0	35.86±1.42e	4.83±0.23ef	28.62±1.54f
A3B1	35.47±0.39e	4.95±0.37ef	28.05±0.22f
A3B2	34.91±0.85e	5.21±0.28f	27.10±0.54ef
A3B3	33.84±0.46e	5.38±0.43f	25.77±0.36def

注:表中数据为平均值±标准误差;同列不同小写字母表示处理间差异显著(P>0.05)。下同。

保水剂同时增加了土壤田间持水量和土壤最大吸湿水量。保水剂的网状结构对土壤水分具有强烈的吸附作用,有效地提高土壤对水分的固持作用,增加了土壤田间持水量,使植物生长具有足够的水分来源^[8]。同时,保水剂增加了不能被植物吸收利用的土壤吸湿水量,但吸湿水相比于田间持水量增加量所占比例很小,因此保水剂提高的大部分水分为土壤有效水分,能够直接被植物吸收利用,且保水剂用量越大,提供植物生长有效水分越多。随微生物菌肥的施入,土壤最大吸湿量有所增加。固体肥自身存在一定的对空气水的吸附能力,导致处理后的土壤中不能被植物利用的水分含量增加^[25]。除此之外,土壤微生物含量增加,导致微生物消耗土壤水分增多,从而在一定程度上减少了土壤有效水分含量^[26]。干旱自然条件下,保水剂与高浓度菌肥混施增加的植物生长有效水分含量低于保水剂单施处理。

2.4 不同处理对土壤微生物变化的影响

施加保水剂和微生物菌肥显著提高了土壤微生物数量和微生物活性(表 3)。随保水剂浓度的增

加,各指标均呈现先增加后减小的趋势,但变化的浓度范围不同。混施条件下,低、中浓度保水剂与不同浓度菌肥混施,土壤细菌、真菌数量和微生物碳含量均随菌肥浓度增大而增大,在高浓度保水剂各混施处理下,随菌肥浓度增大,土壤细菌、真菌数量和微生物碳含量则均呈先增长后减小的趋势。土壤放线菌数量在低浓度保水剂处理下随菌肥浓度增大而增加,在中、高浓度保水剂处理下,随菌肥浓度增大呈现先增加后减少的趋势。微生物氮含量在保水剂浓度一定时,随微生物菌肥浓度增大呈现先增长后减小的趋势。微生物数量增加最多的分别为细菌 A2B3,528 cfu/mg;真菌 A2B3,238 cfu/mg;放线菌 A2B2,623 cfu/mg,分别较对照组提高 77%,108%,93%,微生物量碳、氮最大的为 A2B3、A2B2,分别较对照组增加 132%,178%。

土壤微生物种群和数量与土壤理化性质、土壤肥力与林木生长状况成正相关关系,微生物数量和微生物碳的量在一定程度上可反映微生物活性的强弱,土壤微生物菌落数量和微生物量碳氮的增加,改善了土壤物理结构,促进土壤有机质分解和土壤养分循环,促进植物生长^[27]。保水剂提高了土壤含水量,为微生物生长创造有利条件^[26],同时施加微生物菌肥含大量有机质和微生物菌种,促使微生物群落大量繁殖,固氮菌、解钾菌、解磷菌等有益菌加速了土壤速效养分的转化,为植物生长提供养分,同时微生物活动产生的植物调节激素和多种活性酶能够促进植物生长^[25]。中浓度保水剂与微生物菌剂混施对土壤微生物量碳氮含量提高效果最佳,适量的保水剂能够促进菌肥施加效果,但过高浓度保水剂增加了土壤毛管孔隙水,降低土壤空气通透性,从而抑制部分土壤微生物活性^[28]。

表 3 不同处理对土壤微生物变化的影响

处理	细菌/ (cfu · mg ⁻¹)	真菌/ (cfu · mg ⁻¹)	放线菌/ (cfu · mg ⁻¹)	土壤微生物碳/ (mg · kg ⁻¹)	土壤微生物氮/ (mg · kg ⁻¹)
CK(A0B0)	298±25.24a	114±24.33a	323±37.54a	38.10±4.91a	1.74±0.26a
A1B0	357±16.46b	185±27.89b	476±32.91bc	50.60±8.91abcd	2.10±0.44abc
A1B1	381±21.08bc	215±20.88bc	531±30.44cde	51.68±6.50abcd	2.31±0.48abc
A1B2	424±27.07c	219±12.00bc	543±13.75def	58.81±5.92cde	3.78±0.24e
A1B3	485±14.11d	230±24.21bc	636±29.87f	71.58±8.21e	3.24±0.52de
A2B0	403±16.52bc	193±8.19bc	538±6.25cde	45.60±4.42abc	2.00±0.40ab
A2B1	491±11.60d	209±15.28bc	584±19.55ef	54.35±7.11bcd	2.49±0.16bc
A2B2	497±8.02d	211±20.96bc	623±20.08f	64.74±2.17de	4.83±0.200e
A2B3	528±42.67d	238±13.45bc	604±26.54f	88.45±2.56e	3.43±0.13e
A3B0	378±19.08bc	210±10.39bc	435±7.94b	41.30±4.81ab	2.00±0.45ab
A3B1	387±23.18bc	232±30.27c	492±24.42bcd	52.18±3.86abcd	2.71±0.27cd
A3B2	355±11.06b	215±7.00bc	619±3.61f	58.38±2.54cde	3.25±0.28de
A3B3	348±18.01b	196±20.30bc	604±28.83f	53.33±3.95abcd	1.92±0.44ab

3 结论

借助野外造林试验,通过对比分析不同配比处理对土壤田间持水量、有效水分含量、水稳性团聚体百分比含量、微生物菌落数量和微生物量碳、氮等指标的差异,研究保水剂与微生物菌肥对土壤物理性质、土壤微生物、以及樟子松成活率的影响。结果表明,保水剂和微生物菌肥混施对风沙土物理特性具有改良作用,表现在显著提高了土壤田间持水量和土壤有效水分含量,为植物生长提供所需水分;改善了土壤结构,提高土壤水稳性团聚体含量。除此之外,改善了土壤微生物环境,增加土壤微生物含量,提高土壤活性,促进土壤有效养分转化,为植物生长提供所需养分。低浓度保水剂和中浓度微生物菌剂混施提高了樟子松成活率。在干旱、半干旱区造林时,采用中浓度保水剂和微生物菌肥配施对土壤改良和造林造林成活率的提升效果最优。由于本研究并未分析不

同处理对土壤速效氮磷钾的影响,因此无法评价其对土壤肥力的影响,因此在以后的研究中应重点分析保氮释磷促钾效应,综合评价保水剂和微生物菌肥对于旱区土壤改良的作用。

参考文献:

[1] Moslemi Z, Habibi D, Asgharzadeh A, et al. Effects of super absorbent polymer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of maize under drought stress and normal conditions[J]. African Journal of Agricultural Research, 2011, 6(19): 4471-4476.

[2] Qian P, Schoenau J, Urton R. Effect of soil amendment with thin stillage and glycerol on plant growth and soil properties[J]. Journal of Plant Nutrition, 2011, 34(14): 2206-2221.

[3] 庄文化,冯浩,吴普特. 高分子保水剂农业应用研究进展[J]. 农业工程学报,2007,23(6),265-270.

[4] 杜建军,苟春林,崔英德,等. 水剂对氮肥氨挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J]. 农业环境科学学报,2007,

- 26(4), 1296-1301.
- [5] 周磊, 刘景辉, 郝国成, 等. 沙质土壤改良剂对科尔沁地区风沙土物理性质及玉米产量的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(5): 4-48.
- [6] 杨红善, 刘瑞凤, 张俊平, 等. PAAM-atta 复合保水剂对土壤持水性及其物理性能的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 38-41.
- [7] 刘桂花, 杨正国, 谷英, 等. 抗旱保水剂对干旱荒漠区沙棘造林的影响[J]. 防护林科技, 2011(1): 31-32.
- [8] Bai W, Zhang H, Liu B, et al. Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles[J]. Soil Use and Management, 2010, 26(3): 253-260.
- [9] Islam M R, Hu Y, Mao S, et al. Effectiveness of a water-saving super-absorbent polymer in soil water conservation for corn (*Zea mays* L.) based on eco-physiological parameters[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011, 91(11): 1998-2005.
- [10] Khodadadi D D. Effect of superabsorbent polymer on soil and plants on steep surfaces[J]. Water and Environment Journal, 2017, DOI:10.1111/wej.12309.
- [11] 田佳, 曹兵, 宋丽华, 等. 宁夏干旱风沙区 5 种灌木保水剂造林试验与饲用价值研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2014, 35(5): 24-27.
- [12] 陈印军, 方琳娜, 杨俊彦. 我国农田土壤污染状况及防治对策[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(4): 1-5.
- [13] 陆文聪, 刘聪. 化肥污染对粮食作物生产的环境惩罚效应[J]. 中国环境科学, 2017, 37(5): 1988-1994.
- [14] 许景钢, 孙涛, 李嵩. 我国微生物肥料的研发及其在农业生产中的应用[J]. 作物杂志, 2016(1): 1-6.
- [15] 孙琪然, 徐燕, 相立, 等. 生物炭和菌肥的混合使用对苹果园连作土壤环境及平邑甜茶幼苗生理指标的影响[J]. 中国农学通报, 2017, 33(8): 52-59.
- [16] 彭飞, 黄敦元, 余江帆, 等. 生物菌肥对于油茶的应用前景以及施用条件和方法初探[J]. 江西林业科技, 2013(1): 39-42.
- [17] 王秀颖, 高晓飞, 刘和平, 等. 土壤水稳性大团聚体测定方法综述[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(3): 106-113.
- [18] 高肖彦, 刘廷玺, 段利民, 等. 科尔沁沙丘一草甸田间持水量的综合测定与影响[J]. 干旱区研究, 2016, 33(6): 1336-1344.
- [19] 赵世伟, 周印东, 吴金水. 子午岭次生植被下土壤蓄水性能及有效性研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(8): 1389-1392.
- [20] 黄懿梅, 安韶山, 曲东, 等. 2 种测定土壤微生物量氮方法的比较初探[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 124-129.
- [21] 沈萍, 陈向东. 微生物学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [22] Dhodapkar R, Rao N N, Pande S P, et al. Adsorption of cationic dyes on Jalshakti(R), super absorbent polymer and photocatalytic regeneration of the adsorbent[J]. Reactive and Functional Polymers, 2007, 67(6): 540-548.
- [23] Han Y G, Yu X X, Li B, et al. Dynamic study on water diffusivity of soil with super-absorbent polymer application[J]. Environmental Earth Sciences. 2013, 69(1): 289-296.
- [24] 林海琳, 崔英德, 杜林, 等. 海藻酸钠复合吸水树脂的生物降解[J]. 化工进展, 2006, 25(6): 700-703.
- [25] Li X, He J Z, Liu Y R, et al. Effects of super absorbent polymers on soil microbial properties and Chinese Cabbage (*Brassica chinensis*) growth[J]. Journal of Soils and Sediments, 2013, 13(4): 711-719.
- [26] Paradelo R, Barral M T. Effect of moisture and disaggregation on the microbial activity of soil[J]. Soil and Tillage Research, 2009, 104(2): 317-319.
- [27] Lee J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 124(3): 299-305.
- [28] 杨涛, 徐慧, 李慧, 等. 樟子松人工林土壤养分、微生物及酶活性的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 50-53.
- (上接第 333 页)
- [17] 李萍. 黄河三角洲土壤含水量状况的高光谱估测与遥感反演[D]. 山东 泰安: 山东农业大学, 2016.
- [18] 何挺, 刘荣, 王静. 野外波谱测量的影响因素研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(5): 6-10, 31.
- [19] 孙俊. 基于环境一号卫星的那曲地区青藏铁路沿线区域土壤含水量反演研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2011.
- [20] 邓书斌. 遥感图像处理方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 150-164.
- [21] 郭燕, 程永政, 王来刚, 等. 利用高光谱和 GF-1 模拟多光谱进行土壤有机质预测和制图研究[J]. 土壤通报, 2016, 47(3): 537-542.
- [22] 郭登巍, 张甘霖. 母质与土地利用类型对土壤光谱反演模型的影响[J]. 土壤, 2016, 48(1): 173-179.
- [23] Yang D, Bian Z, Lei S. Impact on soil physical qualities by the subsidence of coal mining: A case study in Western China [J]. Environmental Earth Sciences, 2016; 75(8): 1-14.
- [24] 罗友进, 赵光, 高明, 等. 不同植被覆盖对土壤有机碳矿化及团聚体碳分布的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(6): 117-122.
- [25] 易亚男, 尹力初, 张蕾, 等. 施肥对不同地下水水位水稻土团聚体组成及有机碳分布的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(5): 144-148.