

不同保水固沙措施对沙培番茄生长 和基质环境的影响

游诗尧¹, 王 荣¹, 周海霞¹, 韩泽宇¹, 兰挚谦¹, 刘吉青¹, 吴艳红¹,
周艳超¹, 尹应武², 孙 瑞³, 张雪艳^{1*}

(1. 宁夏大学 农学院/宁夏设施园艺工程技术研究中心/宁夏设施园艺(宁夏大学)技术创新中心, 宁夏 银川 750021;
2. 厦门大学 化学化工学院 福建 厦门 361005; 3. 北京紫光英力化工技术有限公司 北京 100085)

摘要: 针对我国荒漠化危害严重, 不利于植物种植等系列问题, 以番茄为试验材料, 结合纸膜、保水剂、生物固沙剂等不同保水固沙措施, 分析各处理下基质的理化性质以及番茄的生物学性状, 以探明各处理对沙地环境的改善效果及对番茄生长的影响, 为沙漠的防治及沙产业的发展提供参考。结果表明: 瓦楞纸处理显著提高了番茄果实的有机酸、可溶性糖含量, 分别比 CK 高 27.78%、8.87%, 其 pH 值比 CK 高 0.89, 速效氮含量是 CK 的 40 倍; 牛皮纸处理 20~40 cm 含水量比 CK 高 73.40%; 保水剂处理可明显促进根系的生长发育, 其根长、根直径以及体积分别比 CK 高 16.25%、29.17%、56.58%, 番茄可溶性固形物含量比 CK 高 7.17%, 沙子的比重和总孔隙度分别比 CK 高 12.88%、38.35%, 但容重比 CK 低 6.88%; 生物基 B 处理可明显提高果实内可溶性糖含量, 比 CK 高 15.53%, 可显著提高沙子中的速效钾含量, 比 CK 高 55.99%, 有机质含量比 CK 高 10.91%; 生物基 A 处理对番茄的株高有明显的促进作用, 比 CK 高 19.81%, 叶绿素含量比 CK 高 8.24%, 番茄根系的总长比 CK 高 45.95%, 叶片净光合速率是 CK 的 1.66 倍, 蒸腾速率以及气孔导度都相对较高, 果实内可溶性固形物以及可溶性糖的含量分别比 CK 高 6.33%、8.87%, 容重比 CK 高 3.33%, 速效氮含量是 CK 的 16 倍。通过主成分分析, 生物基 A 的综合得分最高。因此, 生物基 A 处理对促进番茄生长发育以及改善沙地生态环境效果最显著。

关键词: 番茄; 保水固沙; 沙土改良; 生长发育; 生物基

中图分类号: S641.2 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2018)09-0106-08

Effects of Different Water Retention and Sand Fixation Measures on Growth and Substrate Environment of Sand-culture Tomato

YOU Shiyao¹, WANG Rong¹, ZHOU Haixia¹, HAN Zeyu¹, LAN Zhiqian¹,
LIU Jiqing¹, WU Yanhong¹, ZHOU Yanchao¹, YIN Yingwu², SUN Rui³, ZHANG Xueyan^{1*}

(1. School of Agriculture Ningxia University/Facility Horticulture Engineering Technique Center of Ningxia/Research Center for Technological Innovation of Facility Horticulture Ningxia(Ningxia University), Yinchuan 750021, China; 2. College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 3. Insight Co., Ltd., Beijing 100085, China)

Abstract: Desertification in China caused a series of problems including limitation of plant growth. Using tomato as a test material combining different water retention and sand fixation measures such as water

收稿日期: 2018-03-02

基金项目: 宁夏回族自治区“十三五”重大研发项目(2016BZ0902); “十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAD05B02); 吴忠国家园区专项(2016BN05); 宁夏回族自治区科技创新领军人才项目(KJT2017001)

作者简介: 游诗尧(1993-), 男, 河北邯郸人, 在读硕士研究生, 研究方向: 蔬菜栽培生理与生态。E-mail: 1240789655@qq.com

* 通讯作者: 张雪艳(1981-), 女, 河北保定人, 副教授, 博士, 主要从事设施园艺生理与生态研究。

E-mail: zhangxueyan123@sina.com

retaining agent ,bio-sand-fixing agents ,paper film ,etc ,the physical and chemical properties of the substrate and the biological characteristics of the tomato under each treatment were analyzed ,and the improvement effect of each treatment on the sandy environment and the growth of tomato were determined ,which provided a reference for the prevention and control of desert and the development of sand industry. The results showed that: the corrugated paperboard treatment significantly improved the content of organic acid and soluble sugar ,which was 27.78% and 8.87% higher than that of CK ,the pH value was 0.89 higher than that of CK ,the available nitrogen content was 40 times that of CK. Kraft paper treatment can keep the water content in sand ,and the water content of 20—40 cm sand was 73.4% higher than that of CK. The water-holding agent treatment can obviously promote the growth and development of root ,root length ,diameter and volume ratio ,which was 16.25% ,29.17% ,56.58% higher than that of CK ,besides water-holding agent treatment also can improve tomato soluble solid content ,which was 7.17% higher than that of CK ,and increase the proportion of sand and total porosity , which was 12.88% ,38.35% higher than that of CK ,but the weight ratio was 6.88% lower than that of CK. The Bio-B treatment can significantly improve the content of soluble sugar ,available potassium and organic in fruit ,which was 15.53% ,55.99% and 10.91% higher than that of CK. The Bio-A treatment has a significant effect on plant height of tomato ,which was 19.81% higher than that of CK ,chlorophyll content and root total length was 8.24% and 45.95% higher than that of CK ,net photosynthetic rate was 1.66 times that of CK ,transpiration rate and stomatal conductance were relatively high ,soluble solids and soluble sugars were 6.33% and 8.87% higher than that of CK ,density ratio was 3.33% higher than that of CK and nitrogen content was 16 times that of CK. Through principal component analysis ,score of bio-A treatment was the highest. Therefore ,the bio-A treatment has the most remarkable effect on promoting growth and development of tomato and improving the ecological environment of sandy land.

Key words: Tomato; Water retention and sand fixation; Sand soil improvement; Growth and development; Bio-surfactant

我国是世界上受荒漠化严重危害的国家之一。沙化面积的增加 ,不仅危害到人类的生活 ,而且严重破坏了生态环境。根据“第五次全国荒漠化和沙化土地监测” ,截至 2014 年 ,全国荒漠化土地面积 261.16 万 km² ,沙化土地面积 172.12 万 km² [1]。

现行沙漠治理方法主要分为 3 种类型: 物理固沙、化学固沙和植物固沙。物理固沙是利用芦苇、麦草等扎成沙障来阻止沙子移动 ,以达到固沙的目的 [2]; 化学固沙是在沙丘地上喷洒化学黏结材料 ,在流沙表面形成覆盖层 ,或渗入表层沙 ,把松散的沙粒黏结起来形成固结层 ,从而防止风力对沙粒的吹扬和搬运 ,达到固定流沙、防治沙害的目的 [3]; 植物固沙是通过栽种植物的手段来稳定沙体(但沙漠本身难以生长植物) ,以达到固沙的目的。此外还有其他一些方法 ,比如易志坚 [4] 提出的沙漠“土壤化” ,通过力学手段使沙漠获得土壤的生态-力学属性 ,同时获得与土壤一样存储水分、养分和空气的能力 ,进而成为植物生长的理想载体; 赵玉芬院士提出的生物固沙剂 ,是一种以生物基为原料 ,具有保水保肥、提高沙子团粒结构、自然降解、促进微生物生长能力的新型固沙剂 ,以生物固沙剂为营养源和粘合剂 ,复配植物颗粒类(如秸秆粉) 喷洒在沙漠

表面 ,可使沙漠表层快速形成结皮层 ,把沙漠变成土壤 ,进行植物种植 [5]。

沙漠光热资源丰富 ,且昼夜温差大 ,利于沙地栽培的茄果类作物果实着色及糖分积累 ,是生产优质番茄的最适宜气候区 [6]。基于此 ,本试验以番茄为材料 ,结合纸膜、保水剂、生物固沙剂等不同保水固沙措施 ,分析各处理下基质的理化性质以及番茄的生物学性状 ,以探明各处理对沙地环境的改善效果及对番茄生长的影响 ,为沙漠的防治及沙产业的发展提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验设计

试验于 2017 年 5 月 26 日—11 月 1 日在内蒙古阿拉善盟乌兰布和沙产业示范区内进行。以番茄(台湾红) 为试验材料 ,采用沙培平畦 ,株距 40 cm ,行距 100 cm ,两侧建倒 V 形架用于吊蔓。沙子基本特性见表 1 ,以不添加任何保水材料为对照 ,不同保水固沙措施见表 2。所有处理底肥穴施丰田宝生物肥(颗粒 ,芽孢杆菌 ≥ 0.2 亿 cfu/g、有机质 $\geq 40\%$) ,按 400 g/株用量施用; 所有处理追施生物基肥(氮磷钾 $\geq 50\%$ 、铁 0.1%、硼 0.4%) ,每次用量 45 kg/hm² 追

施 2 次 每个处理 3 次重复。随机区组排列 小区面积 60 m² 采用滴灌灌水 所有处理灌水量保持一致。

表 1 沙子基本特性

pH	电导率(EC)/(mS/cm)	速效钾/(mg/kg)	速效氮/(mg/kg)	速效磷/(mg/kg)	有机质/(g/kg)
7.53	0.19	167.81	4.48	1.06	0

表 2 不同保水固沙措施

处理	处理描述	施用和使用情况
瓦楞纸	生物基纸膜	瓦楞纸覆盖到沙表面
牛皮纸	保水构件件	用牛皮纸制作保水构件件
保水剂	保水剂(聚乙烯酰胺)	1 g 聚乙烯酰胺 + 125 g 水配制(按 400 g/株铺于坑穴底部)
生物基 B	生物基固沙剂 - 钙 80(生物基胶体 B)	按照 80 g/m ² 施放量喷洒沙子表层
生物基 A	生物基固沙剂 - 铵 80(生物基胶体 A)	按照 80 g/m ² 施放量喷洒沙子表层
CK		不添加任何保水材料

1.2 测定项目及方法

1.2.1 植物学性状 番茄定植 2 周后 每个处理取 5 株 每 2 周测定 1 次株高、茎粗及叶绿素含量 连续测定 4 次。株高为番茄生长点到根基部的垂直距离 用卷尺测量; 茎粗为子叶下 1 cm 的粗度 用游标卡尺测定; 叶绿素为第 5 个功能叶片的叶绿素含量 用 SPAD 502 叶绿素含量测定仪测定。

1.2.2 果实品质 盛果期每个处理随机采 5 个大小均匀、着色统一的番茄果实进行品质测定。采用钼蓝比色法测定还原性维生素 C 含量^[7]; 采用蒽酮比色法测定可溶性总糖含量; 采用折光仪测定可溶性固形物含量; 采用酸碱中和转移法测定有机酸含量; 采用水杨酸比色法测定硝酸盐含量^[8]。

1.2.3 沙子物理性状 采用五点取样法采集盛果期 0~20 cm、20~40 cm 的土样 烘干、测定含水量; 取 0~20 cm 土样 充分混合风干后过 1 mm 筛 部分过 0.25 mm 的筛 用于沙子容重、比重、总孔隙度、pH 值、EC 值和沙子养分的测定。容重用环刀法测定 比重用比重瓶法测定 总孔隙度用计算法 EC 值用 1:5 悬液电位计法测定 pH 值用电导法测定 有机质含量用重铬酸钾 - 硫酸氧化法测定 速效氮含量用流动分析仪测定 速效磷含量用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提 - 钼锑抗比色法测定; 速效钾含量采用 1 mol/L NH₄AC 浸提 - 火焰光度法测定^[9]。

1.2.4 根系特性 在盛果期每个处理取 5 株番茄根系 用 EPSON EXPRESSION 4990 型扫描仪对根样进行扫描 用 Win RHIZO 根系分析软件对扫描的根系图片进行分析 得到根样的根长、根表面积、根体积和根的平均直径^[10]。

1.2.5 叶片光合特性 用 GFS 3000 光合仪测定番茄叶片的净光合速率、蒸腾速率以及气孔导度。

1.3 数据分析

试验数据采用 Excel 2010 软件进行处理 采用 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同保水固沙措施对沙培番茄植株生长的影响

由图 1 可知 番茄株高随着定植时间的延长而增加。瓦楞纸处理的株高在各时期均相对较低; 7 月 2 日 牛皮纸与瓦楞纸处理的株高间有显著差异 7 月 30 日 牛皮纸处理的株高与生物基 B、生物基 A 处理以及 CK 间无显著差异 但显著高于保水剂和瓦楞纸处理 且保水剂处理的株高显著高于瓦楞纸处理; 8 月 14 日 生物基 A、生物基 B、保水剂处理的株高间无显著差异 生物基 B 处理的株高显著高于牛皮纸、瓦楞纸处理和 CK 瓦楞纸处理最低; 8 月 31 日 生物基 A 处理的株高显著高于其他处理 显著高于 CK 19.81% 其他处理间无显著差异。

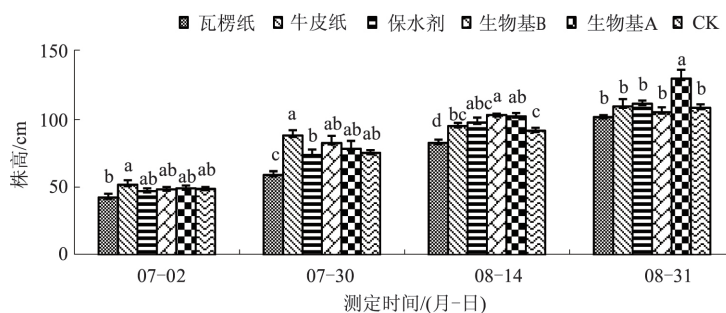


图 1 不同保水固沙措施对番茄株高的影响

由图 2 可知,番茄茎粗随定植时间的延长而增加。7 月 2 日,生物基 B 处理的茎粗显著高于其他处理,其他处理间无显著差异,保水剂处理的茎粗显著高于 CK; 7 月 30 日,各处理间无显著差异; 8 月

14 日,瓦楞纸、牛皮纸、生物基 B 处理的茎粗显著高于 CK; 8 月 31 日,牛皮纸处理的茎粗显著高于生物基 B 处理和 CK,与其他处理间无显著差异。

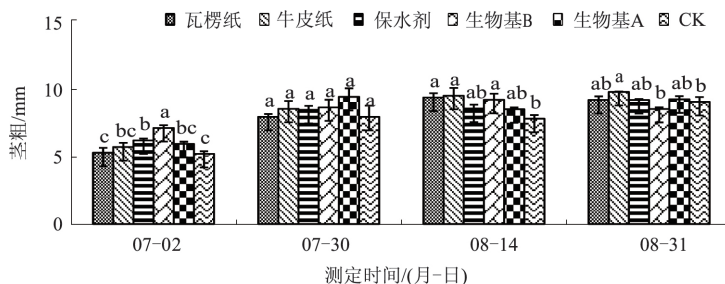


图 2 不同保水固沙措施对番茄茎粗的影响

由图 3 可以看出 7 月 2 日,生物基 A 处理的叶绿素含量显著高于牛皮纸和生物基 B 处理; 7 月 30 日和 8 月 14 日各处理间无显著差异; 8 月 31 日,生

物基 A 处理的叶绿素含量显著高于保水剂处理,高于 CK 8.24%,与其他处理间无显著差异。

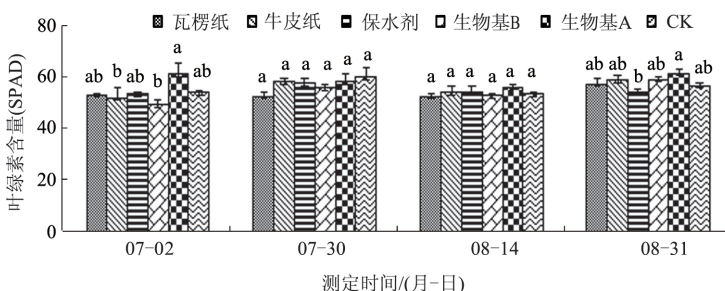


图 3 不同保水固沙措施对番茄叶绿素含量的影响

2.2 不同保水固沙措施对沙培番茄根系的影响

由表 3 可知,生物基 A 和保水剂处理的根长均显著高于 CK,分别比 CK 高出 45.95%、16.25%,瓦楞纸和生物基 B 处理根长显著低于 CK。CK、生物基 A、生物基 B、保水剂处理的根表面积间无显著差异,牛皮纸处理的根表面积较之较小,瓦楞纸处理的

根表面积最小;保水剂处理的根直径最大,高于 CK 29.17%,生物基 B 处理次之,瓦楞纸和牛皮纸以及生物基 A 处理的根直径较小;保水剂处理的根体积最大,高于 CK 56.58%,生物基 A、生物基 B 处理、CK 间无显著差异,瓦楞纸和牛皮纸处理的根体积较小。

表 3 不同保水固沙措施对番茄根系的影响

处理	根长/cm	根表面积/cm ²	根直径/mm	根体积/cm ³
CK	1 246.59 ± 80.52bc	518.03 ± 2.74a	1.33 ± 0.08b	17.19 ± 0.93bc
瓦楞纸	880.00 ± 26.72d	297.12 ± 10.16c	1.07 ± 0.00c	7.98 ± 0.30d
牛皮纸	1 093.07 ± 47.59cd	355.63 ± 23.95b	1.03 ± 0.02c	10.09 ± 0.04cd
保水剂	1 449.18 ± 107.15b	511.67 ± 26.88a	1.72 ± 0.01a	26.92 ± 3.67a
生物基 B	966.96 ± 28.12d	493.64 ± 15.43a	1.37 ± 0.02b	18.72 ± 2.01b
生物基 A	1 819.43 ± 66.93a	474.22 ± 2.80a	1.09 ± 0.07c	15.28 ± 3.14bcd

注: 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著 (P < 0.05), 下同。

2.3 不同保水固沙措施对沙培番茄叶片光合特性的影响

由图 4 可知,生物基 A 处理的叶片净光合速率、蒸腾速率以及气孔导度均相对较高,其中叶片净光合速率是 CK 的 1.66 倍。牛皮纸处理的叶片净光合速率、蒸腾速率以及气孔导度相对较低。瓦楞

纸、生物基 B 处理以及 CK 在净光合速率以及气孔导度上相差不大,CK 的叶片蒸腾速率相对较高。

2.4 不同保水固沙措施对沙培番茄品质的影响

由图 5 可知,各处理间果实维生素 C 和硝酸盐含量均无显著差异;瓦楞纸、牛皮纸、保水剂处理果实有机酸含量显著高于 CK,其中瓦楞纸处理的果实

有机酸含量最高,显著高于 CK 27.78%,生物基 A 处理与 CK 无显著差异,生物基 B 处理的果实有机酸含量最低;瓦楞纸、生物基 A、保水剂处理的果实可溶性固形物含量分别显著高于 CK 3.42%、6.33%、7.17%,牛皮纸、生物基 B 处理与 CK 间无显著差

异;生物基 A、生物基 B、瓦楞纸处理的可溶性糖含量分别高于 CK 8.87%、15.53%、8.87%,牛皮纸处理的可溶性糖含量与 CK 无显著差异,保水剂处理的可溶性糖含量显著低于 CK。

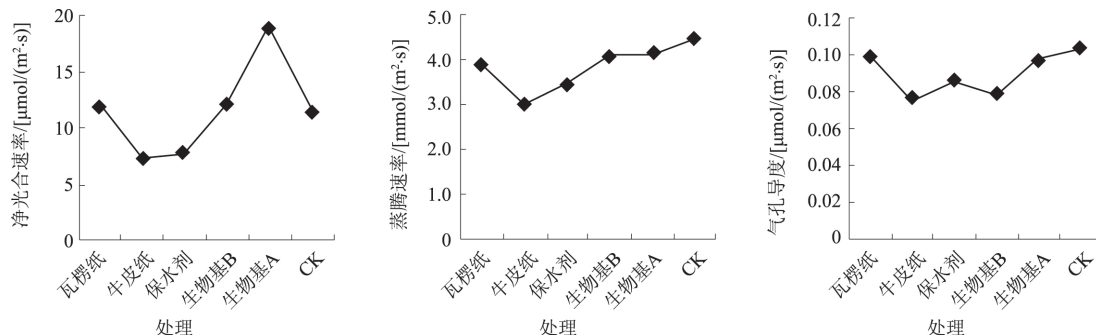


图 4 不同保水固沙措施对番茄叶片光合特性的影响

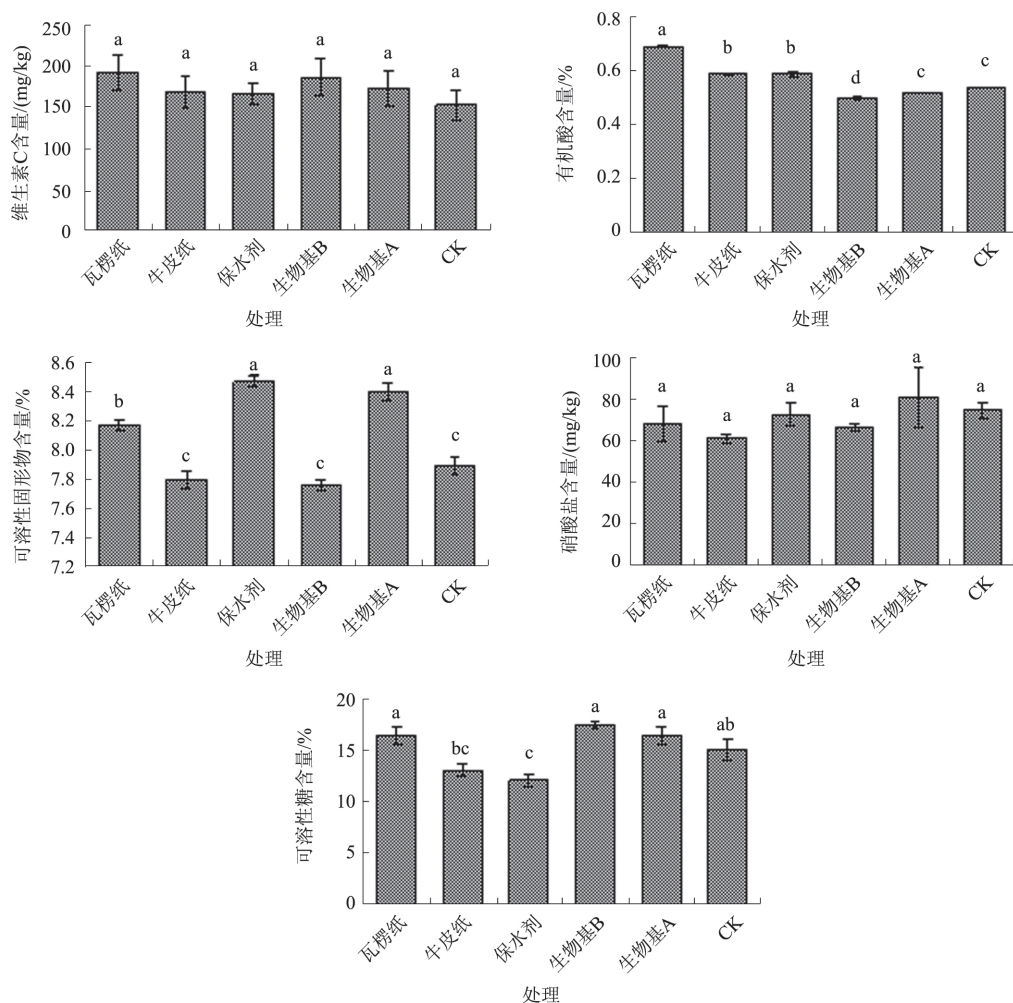


图 5 不同保水固沙措施对番茄果实品质的影响

2.5 不同保水固沙措施对沙培番茄基质营养成分的影响

由图 6 可知,在 0~20 cm 深的沙子里,生物基 B、生物基 A 处理的沙子含水量显著高于瓦楞纸处

理,其他各处理间无显著差异。在 20~40 cm 深的沙子里,牛皮纸处理的沙子含水量显著高于其他处理,比 CK 高出 73.40%,其他各处理之间无显著差异。

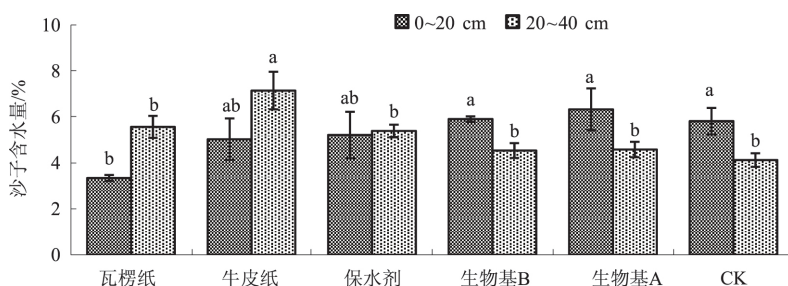


图6 不同保水固沙措施对沙子含水量的影响

由表4可知,各处理沙子的pH值都比CK高,瓦楞纸以及牛皮纸处理沙子pH值较高,分别比CK高0.89、0.87;所有处理EC值介于0.17~0.31 mS/cm,其中CK和生物基B处理间无显著差异,保水剂处理的EC值最低,牛皮纸处理的EC值最高,比CK高63.2%;各处理沙子比重和容重间无显著差异,

保水剂处理比重较高,高于CK 12.88%,生物基A处理容重较高,高于CK 3.33%;各处理总孔隙度介于31.33%~41.70%,均在基质适宜空隙度范围内,瓦楞纸、牛皮纸、保水剂、生物基A、生物基B处理的孔隙度分别相对CK显著增加33.1%、29.3%、38.4%、21.4%、10.2%。

表4 不同保水固沙措施对沙子理化特性的影响

处理	pH	EC/(mS/cm)	比重/(g/cm ³)	容重/(g/cm ³)	总孔隙度/%
CK	7.58 ± 0.01e	0.19 ± 0.00bc	2.33 ± 0.00a	1.60 ± 0.09a	31.33 ± 0.04b
瓦楞纸	8.47 ± 0.01a	0.20 ± 0.00b	2.59 ± 0.04a	1.51 ± 0.02a	41.70 ± 0.01ab
牛皮纸	8.45 ± 0.01a	0.31 ± 0.00a	2.56 ± 0.03a	1.52 ± 0.09a	40.51 ± 0.03ab
保水剂	7.95 ± 0.00b	0.17 ± 0.01e	2.63 ± 0.13a	1.49 ± 0.07a	43.35 ± 0.03a
生物基B	7.79 ± 0.01c	0.19 ± 0.00cd	2.48 ± 0.37a	1.54 ± 0.03a	38.04 ± 0.05ab
生物基A	7.75 ± 0.01d	0.18 ± 0.00de	2.53 ± 0.04a	1.65 ± 0.01a	34.52 ± 0.01ab

由图7可知,生物基B处理的速效钾含量最高,显著高于CK 55.99%,瓦楞纸处理略低于生物基B处理,但显著高于其他处理,其他处理间无显著差异;所有处理的速效氮含量均显著高于CK,其中瓦楞纸处理增幅最多,速效氮含量是CK的40

倍,生物基A处理次之,含量为CK的16倍,保水剂和生物基B处理略高于CK;各处理间的速效磷含量无显著差异;生物基B处理的有机质含量最高,显著高于CK 10.91%,生物基A处理、CK次之且无显著差异,瓦楞纸、牛皮纸、保水剂处理显著低于CK。

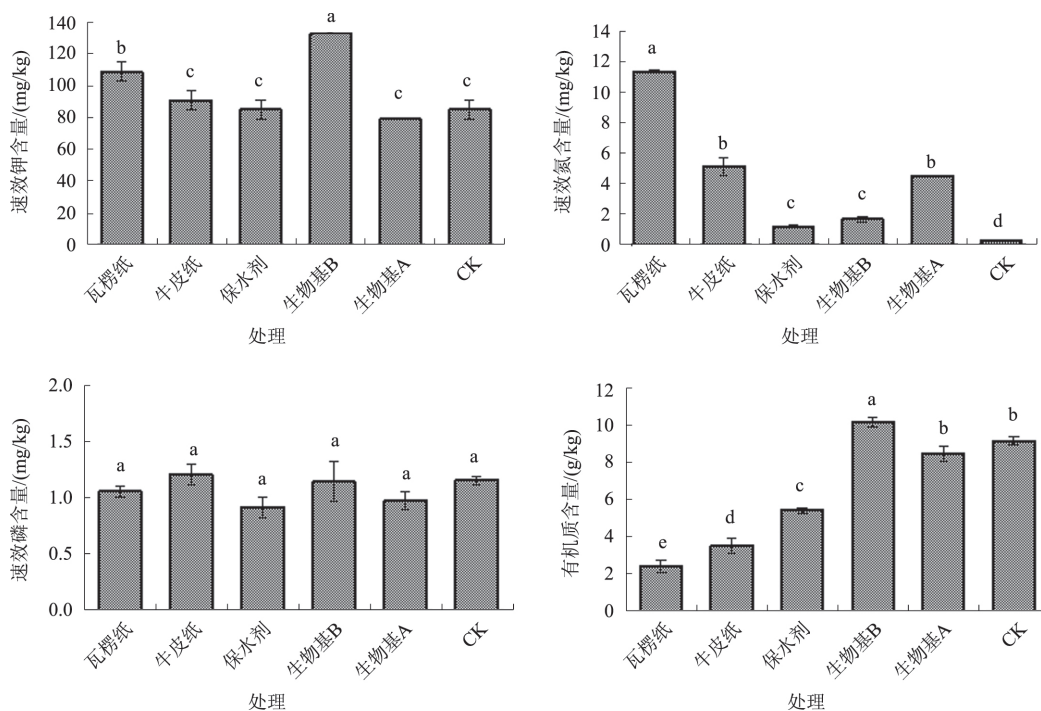


图7 不同保水固沙措施对沙子营养成分的影响

2.6 不同保水固沙措施的主成分分析及成本比较

由表 5 可以看出,生物基 A 处理综合得分最高,保水剂处理次之,其他处理综合得分均低于 CK。

表 5 不同保水固沙措施的主成分分析

处理	主成分综合得分
CK	156.46
瓦楞纸	116.69
牛皮纸	134.46
保水剂	170.93
生物基 B	133.56
生物基 A	205.66

由表 6 可知,瓦楞纸和保水剂处理所需成本较高,牛皮纸和生物基 A、B 处理的成本较低。

表 6 不同保水固沙措施的成本比较

处理	单价/(元/kg)	用量/(kg/hm ²)	成本/(元/hm ²)
CK			
瓦楞纸	2.5	1 200	3 000
牛皮纸	4.2	180	756
保水剂	28.0	105	2 940
生物基 A	2.0	795	1 590
生物基 B	2.0	795	1 590

3 结论与讨论

沙漠化是我国当前面临的最严重的生态环境问题之一,近年来我国每年因荒漠化、沙漠化所造成的直接经济损失达 540 亿元,严重制约了社会经济的可持续发展^[11-13]。关于沙漠化的形成原因、发展规律以及防治策略、防治方法等已有较多的研究。王涛等^[13-16]通过确定土壤风蚀容忍量,风沙电场形成机制、分布规律和影响,建立了沙尘暴监测、预报预警方法和系统;曹军等^[17]通过对土地沙漠化分析得出适宜土壤结构调整;冉飞天^[18]采用接枝聚合使黏土基高分子复合材料保水固沙得到广泛应用。由于流沙移动频繁、温度高、降雨量少、水分蒸发速度快,风沙现象日益严重,探讨如何有效保水固沙意义重大。因此,要求固沙材料具有较强的黏结作用,形成黏结强度较高的固结层;同时,还要有一定的吸水能力和保水能力,以降低蒸发、储存水分,保证沙生植物生长过程中的水分供给,为植物生长创造良好条件^[18]。

土壤容重可反应土壤的紧实程度和孔隙状况,其大小可影响土壤机械阻力、含水量、通气性以及植物对水肥的利用率等^[19]。相关研究表明,容重过大,则基质过紧实、总孔隙度小、通气透水性差;容重过小,则基质过于疏松、总孔隙度大、有利于作物根系生长^[20-24]。本试验中生物基 A 处理通过对表层沙子进行喷铺固定,将万向约束力引入沙层颗粒之

间,使得该处理的容重增大、总孔隙度减小,说明生物基 A 的处理能够增大沙子间的紧实度,达到了固沙的效果。相反,保水剂处理通过高吸水性物质对水分进行固定,使沙子颗粒间水分含量增加、沙子容重减小、总孔隙度值变大,得到适宜作物根系生长的疏松含水环境,促进根系的生长^[24]。

大量的研究表明,通过增加地表凋落物和地下有机物(细根及根系分泌物)输入,从而显著降低土壤容重,增强团聚体稳定性,改善土壤持水能力和入渗性能,从而改善土壤综合物理性质^[25]。试验中瓦楞纸、牛皮纸、保水剂以及生物基 B 处理的容重都比 CK 低,较低的容重为植株根系在沙漠中吸取水分提供了帮助,说明这些处理对改善沙地的生态环境能起到一定的效果,但是由于沙漠本身的水分匮乏、蒸发量大,水分流失严重,需要完全进行沙漠种植还需长时间地探索。

不同保水固沙措施创造出植物生长的适宜环境,加速番茄的呼吸作用,增加在生育期间的水肥供应使得植株地下部盐基累积,致使沙子 pH 值升高。EC 值是栽培基质重要的化学性状,表明基质内可电离盐类的溶液浓度,基质中的盐分、水分、温度、有机质含量和质地结构等均不同程度地影响着基质的 EC 值^[26-29]。试验结果显示,牛皮纸处理显著提高了基质的 EC 值,瓦楞纸处理的 EC 值也高于 CK。瓦楞纸处理的速效氮含量显著高于其他处理,这是因为纸膜本身含有植物生长发育所必需的大量和微量元素,因此沙子有机质含量有所增加^[30]。与 CK 相比,20~40 cm 沙子中,牛皮纸处理的含水量显著高于 CK,这说明纸膜有降低有效养分的流失及挥发、保肥保水的作用^[31]。

生物基肥料营养平衡、肥效高,富含木质素、腐殖酸及其他微生物可降解的有机和无机营养成分,不会造成白色污染。可提高土壤有机钾、磷的含量,减少钾和磷的流失,促进土壤中固定钾和磷的利用,改善土壤理化性质和团粒结构,降低密实性,增加保肥、保水能力,提高肥料缓效性、作物抗逆能力,改善作物品质、土壤生态^[32-34]。试验结果显示,生物基 B 处理能够明显提高沙地的速效钾以及有机质含量,生物基 A 处理对番茄植株的株高以及茎粗有明显的促进作用,并能显著促进根系的伸长,提高叶片净光合速率,显著提高番茄果实内可溶性固形物的含量。

综上所述,瓦楞纸和牛皮纸处理能够明显提高果实的有机酸含量,提高沙子的 pH 值、EC 值以及增大沙子的比重和总孔隙度,显著提高速效氮含量。瓦楞纸处理明显提高了果实的可溶性糖含量,牛皮

纸处理提高了沙子的保水性。

保水剂处理对根系的生长发育有明显的促进作用,同时,显著提高果实的有机酸含量以及可溶性固形物含量,沙子的pH值、比重、总孔隙度也较大。

生物基A、B处理能够提高果实的可溶性糖含量,提高沙子的pH值,增大沙子比重和总孔隙度,明显增加速效氮含量,达到固沙的效果。其中生物基B处理能够明显提高沙子的速效钾、有机质含量;生物基A处理能够在植株旺盛生长期促进番茄株高的伸长以及根系的延伸,提高叶片的净光合速率。

不同保水固沙措施对番茄植株和果实的生长发育以及沙子的改善都能起到一定的作用,其中生物基A处理在改善植物的生物学性状及沙子的理化性质方面都有好的表现,能达到固沙与促进植株生长的效果。

参考文献:

- [1] 陈峰. 切实做好防沙治沙努力建设生态文明[J]. 吉林农业, 2016(24): 106.
- [2] Li Y, Cui J, Zhang T H *et al.* Effectiveness of sand-fixing measures on desert land restoration in Kerqin sandy land, northern China[J]. *Ecological Engineering*, 2009, 35(1): 118-127.
- [3] 赖俊华, 张凯, 王维树, 等. 化学固沙材料研究进展及展望[J]. 中国沙漠, 2017, 37(4): 644-658.
- [4] 易志坚. 沙漠“土壤化”生态恢复理论与实践[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2016, 35(S1): 27-32.
- [5] 李姝. 沙漠腹地镶上“绿宝石”[N]. 银川日报, 2017-08-25(002).
- [6] 曹凯, 余新, 邹志荣, 等. 沙地番茄无土栽培基质的筛选[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(6): 147-152.
- [7] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [8] 赵世杰, 刘华山. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] Bouma T J, Kai L N, Koutstaal B. Sample preparation and scanning protocol for computerised analysis of root length and diameter[J]. *Plant & Soil*, 2000, 218(1/2): 185-196.
- [11] 张建峰, 杨俊诚, 张夫道, 等. 多功能固沙保水剂性能及其效果的研究[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(5): 1820-1825.
- [12] 马明, 李小婷, 唐翠平. 荒漠化的现状、成因及防止对策[J]. 现代园艺, 2014(8): 154-155.
- [13] 王涛. 荒漠化治理中生态系统、社会经济系统协调发展问题探析——以中国北方半干旱荒漠区沙漠化防治为例[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7045-7048.
- [14] 王涛, 赵哈林. 中国沙漠科学的五十年[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 145-165.
- [15] 王涛, 朱震达. 我国沙漠化研究的若干问题——1. 沙漠化的概念及其内涵[J]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 3-8.
- [16] 王涛, 陈广庭, 赵哈林, 等. 中国北方沙漠化过程及其防治研究的新进展[J]. 中国沙漠, 2006, 26(4): 507-516.
- [17] 曹军, 吴绍洪, 杨勤业. 基于沙化状况和适宜性的土地利用结构调整[J]. 农业工程学报, 2004, 20(5): 281-285.
- [18] 冉飞天. 黏土基高分子复合材料的制备及其保水固沙性能研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2016.
- [19] 刘晚苟, 何泳怡, 谢海容, 等. 设施砂壤土容重对番茄幼苗生长和根系构型的影响[J]. 园艺学报, 2015, 42(7): 1313-1320.
- [20] 郭世荣. 无土栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [21] 刘晚苟, 山仑, 邓西平. 植物对土壤紧实度的反应[J]. 植物生理学通讯, 2001(3): 254-260.
- [22] 郭世荣. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J]. 农业工程学报, 2005, 21(S2): 1-4.
- [23] Lipiec J, Horn R, Pietrusiewicz J, *et al.* Effects of soil compaction on root elongation and anatomy of different cereal plant species[J]. *Soil and Tillage Research*, 2012, 121: 74-81.
- [24] 张国红, 张振贤, 梁勇, 等. 土壤紧实度对温室番茄生长发育、产量及品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 70-72.
- [25] 李裕元, 邵明安, 陈洪松, 等. 水蚀风蚀交错带植被恢复对土壤物理性质的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4306-4316.
- [26] 胡笑轲, 武兴康, 王永元, 等. 育苗基质物理及化学性质的综述[J]. 广东化工, 2011, 38(3): 42-44.
- [27] 宋兵, 高超丹, 庄克云. 番茄产量及水分利用效率对灌水的响应[J]. 河南农业科学, 2018, 47(3): 92-95.
- [28] 刘丽珠, 卢信, 范如芹, 等. 保水剂垫料栽培基质对番茄生理指标及产量的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(7): 1242-1248.
- [29] 霍晓兰, 郝保平, 李妮, 等. 不同灌溉施肥方法对番茄产量及品质的影响[J]. 山西农业科学, 2017, 45(5): 782-785.
- [30] 郭富常, 尹立荣, 李晓东, 等. 多效农艺营养纸膜对番茄和黄瓜生育的影响[J]. 华北农学报, 1995, 10(4): 119-122.
- [31] 刘振军, 毛广亮, 张显明. 有机水稻纸膜覆盖防控技术[J]. 北方农业学报, 2014(4): 85-85.
- [32] 赵玉芬, 尹应武. 我国肥料使用中存在的问题及对策[J]. 科学通报, 2015, 60(36): 3527-3534.
- [33] 郭甜莉, 李惠文, 李胜利, 等. 2种载体型脲甲醛肥及其用量对番茄穴盘苗生长的影响[J]. 河南农业科学, 2018, 47(3): 87-91.
- [34] 尹艳莉, 杨彦, 赵兴杰, 等. 干旱条件下不同氮素形态对比对番茄产量和品质的影响[J]. 山西农业科学, 2017, 45(11): 1791-1793.