黄文福,刘左军,单夕文,等. 土壤基质、湿度及接种量对荒漠藻结皮形成的影响[J]. 中国沙漠,2014,34(6):1503－1508.
[Huang Wenfu,Liu Zuojun,Shan Xiwen,et al. Effects of inoculum contentration,moisture and substrate on the formation of desert algae crust[J]. Journal of Desert Research,2014,34(6):1503－1508.]. doi:10.7522/j.issn.1000-694X.2013.00417.

土壤基质、湿度及接种量对荒漠藻结皮形成的影响

黄文福,刘左军,单夕文,张雅涵,王 强
(兰州理工大学 生命科学与工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:荒漠藻结皮作为一种生物结皮,在防风固沙方面起着重要的作用。具鞘微鞘藻(*Microcoleus vaginatus*)作为荒漠藻结皮的优势物种,人工接种后能加快荒漠藻结皮的形成。本试验通过研究模拟生态环境下不同因子对荒漠藻结皮形成的影响,寻找荒漠藻结皮形成的最优生态条件。结果表明:在快速形成荒漠藻结皮的过程中,荒漠藻生物量变化趋势相同,并且随着接种量和土样含水量的减小而依次降低。通过对不同区域土样上荒漠藻生物量的测定发现,柴草方格沙障区土样中荒漠藻生物量最高。因此,荒漠藻结皮形成的最优生态条件是接种量(以叶绿素a含量计)为10 $\mu g \cdot cm^{-2}$,土样含水量为10%,土样类型为柴草方格沙障土样。

关键词:荒漠;藻结皮;土样类型;土样含水量
文章编号:1000-694X(2014)06-1503-06 **doi**:10.7522/j.issn.1000-694X.2013.00417
中图分类号:S154.4 **文献标志码**:A

1 引言

中国是世界上荒漠化最为严重的国家之一[1],特别在北方干旱、半干旱地区,受全球气候变化影响和人类生产活动的干扰,土地荒漠化愈加严重。近年来,民勤地区地下水位的逐年下降,加速民勤绿洲边缘地带天然植被的枯死,致使腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠有合并的趋势,严重影响当地农牧业生产和生态环境的可持续发展[2]。

藻类作为一类在生物进化史上具有特别意义的生物类群,不仅能在多数生命形式无法生存的严酷环境中生长与繁殖,而且以特有的生活、代谢方式影响并改善自然环境[3]。荒漠藻类在荒漠化综合治理方面具有独特的作用。在荒漠化日益严重的今天,利用荒漠藻类改良土壤、防风固沙,具有积极的意义[4]。尽管荒漠藻是荒漠生境的先锋拓殖植物,但是沙丘表面自然的藻结皮形成却需要若干年。

近几年来,国内学者研究方向主要集中在以下几个方面:①荒漠藻的种类组成、生态分布与群落演替;②荒漠藻的适应机制;③荒漠藻的应用[5]。其研究结果均依托不同的荒漠区域,然而关于民勤沙区研究方面的报道比较少见。但是民勤沙区的生态问题不容忽视,需引起全社会的广泛关注。

本文以实验室筛选出的一株具鞘微鞘藻(*Microcoleus vaginatus*)为材料,通过单因素试验方法对实验室模拟生境下荒漠藻结皮形成条件进行优化研究,为能够在裸沙表面快速形成荒漠藻结皮提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 样区概况

民勤县位于甘肃省西北部,河西走廊东北部,石羊河流域下游,东、西、北三面被腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠包围。该区域属温带大陆性干旱气候区,年均降雨量只有113.0 mm,年蒸发量高达2 604.3 mm,年均气温7.8 ℃,昼夜温差25.2 ℃,全年无霜期210 d。年9级以上大风日为27.8 d,年沙尘暴日数为37 d。绿洲外天然植被主要以白刺和红柳灌丛为主,其中白刺群落发育良好,由其固定的沙包基本上处于固定阶段,而红柳沙包已大多数处于退化解体阶段。这些天然植被均以灌丛沙包的形式存在,形成了该地带灌丛沙包与沙包间低地相间分布的景观格局[2,6]。

2.2 野外采样

在民勤沙区,天然植被主要位于绿洲外围的荒漠

收稿日期:2013-10-16;**改回日期**:2013-11-12
基金项目:甘肃省科技支撑计划项目(1011FKCA108)资助
作者简介:黄文福(1988—),男,宁夏中卫人,硕士研究生,主要从事环境修复方向研究。Email:gyblackbank@126.com
通讯作者:刘左军(Email:zuojunl@lut.cn)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1 民勤取样地点描述

Table 1 Describes the sampling locations Minqin

土样类型	描述	取样地点
白刺沙包	天然白刺灌丛附着的沙丘	民勤沙生植物园西侧(38°36.283′N,102°57.949′E)
柴草方格沙障	人工形成的柴草沙障	民勤沙生植物园西侧(38°36.435′N,102°57.693′E)
黏土方格沙障	人工形成的黏土沙障	民勤沙生植物园西侧(38°36.156′N,102°57.662′E)
人工梭梭林	人工栽植乔木的沙丘	民勤沙生植物园西侧(38°35.975′N,102°57.459′E)
治理10年后沙丘	生长有苔藓、地衣的固定沙丘	民勤沙生植物园东侧(38°35.091′N,102°58.460′E)

以及绿洲与荒漠的交错地带。另外,由于民勤沙化问题的加剧,研究者提出了不同模式下的治理方案。为了探讨天然植被覆盖下及不同治沙模式下荒漠藻结皮形成的差异,于2012年10月7日分别于白刺沙包、柴草方格沙障、黏土方格沙障、人工梭梭林和多年治理的固定沙丘表层采集0～2 cm土样[7-9],样地性质如表1。

2.3 土样理化特性分析

对密封运回的5种土样分别测定了以下几个理化指标:土样机械组成(筛分法)、土样pH值(酸度计测定)、土样含水量(烘干法)和土样碳酸钙含量(原子吸收法)。土样运回实验室当天进行土样含水量测定,剩余土样保藏在-20 ℃下冰箱中[6,10]。

2.4 藻种

本试验从民勤沙区土壤结皮中分离、纯化出的一株丝状藻,鉴定为具鞘微鞘藻。将其进行批量培养扩繁,得到足够的藻种。

2.5 荒漠藻结皮培养

接种。将具鞘微鞘藻接种到塑料盒子中土样表面,塑料盒子底部覆盖一层尼龙网阻止土样随多余水分从底部的小孔流出。为了确保接种均匀,首先将远远超于土样含水量的水分倒入塑料盒子中,然后将匀浆后的藻液迅速喷洒在土样上层的水中,待多余的水分从盒子底部的小孔流出后,藻种便均匀地分布在土样表面[11-12]。

施水。接种第2天开始,每天早晨09:00,将接种过的塑料盒放在天平上,使用微喷补足水分以达到试验要求的土样含水量。

土样含水量(%)=(烘干前土样重量-烘干后土样重量)/烘干后土样重量×100%

施加营养液。接种第3天开始,每隔7 d补充一次BG11营养液(方法同补充水分一致),施加营养液当天不再施水。

不同因子的梯度设置。在实验室模拟生境中,主要的生态因子有温度、光照、水分、接种量和土样类型等。本试验选取水分、接种量和土样类型3个因子,研究其对荒漠藻结皮形成的影响。接种量(以叶绿素a含量计)设为对照(CK,不接种)、10 $\mu g \cdot cm^{-2}$、30 $\mu g \cdot cm^{-2}$和60 $\mu g \cdot cm^{-2}$,土样含水量设对照(CK,不施加水分)、5%、10%、15%和20%,土样为5个不同类型(白刺沙包、柴草方格沙障、黏土方格沙障、人工梭梭林和治理10年后沙丘)[13-16]。在研究每个因子时,均固定其他因子。每个因子重复5次。

生物量测定。取2 cm×2 cm大小的结皮,放入预先准备好的离心管中,加入5 ml提取液(95%丙酮与95%乙醇2∶1混合液),震荡,室温暗环境,抽提6 h以上,8 000 rpm·min^{-1}离心5 min,取上清,定容至10 mL,于663、645 nm处测量吸光度值。

叶绿素含量($\mu g \cdot cm^{-2}$)=(12.7×OD_{663}-2.69×OD_{645})×10 mL/4 cm^2

数据分析。数据用SPSS软件统计分析,其中对土样理化特征4个指标进行均值分析,对接种量、土样含水量和土样类型进行单因素方差分析,用Excel软件作图。

3 结果与分析

3.1 土样理化特征

由表2可以看出,土样的机械成分以粒度小于0.46 mm的砂粒为主。白刺沙包土样、柴草方格沙障土样和人工梭梭林土样机械组成基本相同,而黏土方格沙障土样和治理10年后沙丘土样机械组成基本相同。白刺沙包土样水分比其他3种治理模式土样的水分都高。这说明破坏原有沙土表层会使得水分的保持作用下降,而天然植被能更好地保持水分。经过治理10年后沙丘的水分含量最高,说明随着治理年限的增加,尤其是苔藓和地衣出现,沙土持

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　土样理化特征

Table 2　Physical and chemical characteristics of the soil samples

	白刺沙包	柴草方格沙障	黏土方格沙障	人工梭梭林	治理 10 年后沙丘
粒径<0.46 mm/%	92.99	94.38	80.79	93.08	78.11
含水量/%	0.30	0.24	0.26	0.19	0.40
碳酸钙含量/(g·kg^{-1})	0.2253	0.3763	0.1949	0.2506	0.2466
pH 值	7.8	8.0	7.7	7.3	7.6

水作用明显增强。柴草方格沙障土样的碳酸钙含量明显高于其他土样，黏土方格沙障土样碳酸钙含量低于其他土样。这种差异表明柴草方格沙障治理模式可以增加土样的碳酸钙含量。各土样的 pH 值呈弱碱性，其中柴草方格沙障土样的 pH 值最高。

就单项指标来说，柴草方格沙障土样的 3 个指标均是最高值，只有含水量指标处于第四位，当将这 4 个指标综合来看时，其具有最高的综合排位。

3.2　接种量对荒漠藻结皮形成的影响

由图 1 可以看出，接种后第 2 天藻类生物量迅速下降，这是由于藻种对新环境的适应，表现为部分藻体死亡，藻类生物量达到最低。在第 8 天，藻类生物量开始增加，出现肉眼可见的荒漠藻结皮，是因为藻种已适应新环境，藻体快速生长。第 12 天藻类生物量出现第 1 个极大值，是因为在第 11 天的时候浇灌了营养液，藻体快速生长。第 20 天藻类生物量出现第 2 个极大值，并且以后几天藻类生物量变化不明显，说明此时藻体生长达到稳定期。第 28 天藻类生物量有明显下降，说明藻体在经过一段时间生长后，自身死亡，使得结皮藻类生物量有所下降。

方差检验结果表明，不同接种量处理(图 1，第 28 天)对具鞘微鞘藻形成的荒漠藻结皮的藻类生物量影响显著($F=18.075$，$p=0.001$)。可以看出，CK 处理的藻类生物量极低(7.54±1.27 μg·cm^{-2})，10、30、60 μg·cm^{-2}处理的结皮藻类生物量显著高于 CK，60 μg·cm^{-2}处理的结皮藻类生物量最高(22.43±4.00 μg·cm^{-2})。CK 处理下无荒漠藻结皮形成，其他 3 个处理都形成了肉眼可见的荒漠藻结皮。比较初始接种量和第 28 天的结皮藻类生物量，可以看出，初始接种量为 30、60 μg·cm^{-2}时，第 28 天的结皮藻类生物量都低于它们的初始接种量；初始接种量为 10 μg·cm^{-2}时，结皮藻类生物量高于它的初始接种量。这说明，适合的接种量是 10 μg·cm^{-2}。

3.3　土样含水量对荒漠藻结皮形成的影响

由图 2 可以看出，结皮藻类生物量随着土样含水量的增加而增加。结皮藻类生物量随着培养时间增加而增加。接种后第 3 天藻类生物量迅速下降，达到最低。第 6 天藻类生物量开始增加，第 9 天 10%、15%和 20%处理下形成肉眼可见的荒漠藻结皮。第18天20%处理下荒漠藻结皮厚度增加，结

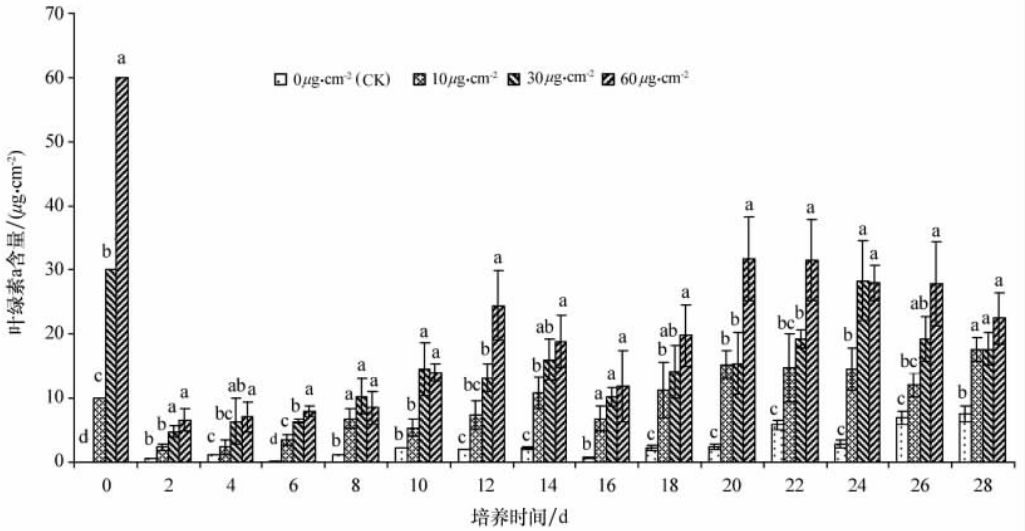

图 1　接种量对荒漠藻结皮形成的影响(土样为白刺沙包样，土样含水量为 20%；不同小写字母表示处理间差异显著，$p<0.05$)

Fig. 1　Effect of inoculum concentration to the formation of the desert algae crust. Soil type is white spines spore, soil moisture is 20%. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

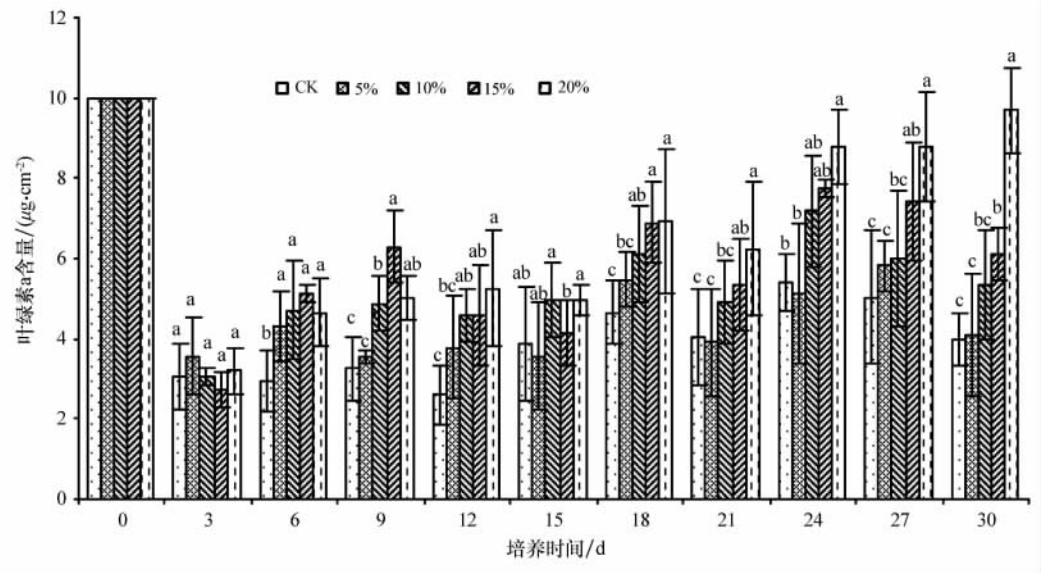

图2 土样含水量对荒漠藻结皮形成的影响(土样为白刺沙包样,接种量为10 μg·cm⁻²;不同小写字母表示处理间差异显著,$p<0.05$)

Fig. 2 Effect of soil moisture to the formation of the desert algae crust. Soil type is white spines spore, Inoculum size is 10 μg·cm⁻². Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level

皮表面泛白且结皮下层出现少量絮状物,结皮表面泛白可能是藻类分泌的胞外多糖聚集的结果,出现絮状物质是因为具鞘微鞘藻藻丝黏附和缠绕在沙粒上。第30天10%和15%处理下荒漠藻结皮厚度增加,结皮表面泛白和结皮下层出现絮状物;20%处理下荒漠藻结皮厚度和下层絮状物进一步增加。方差检验结果表明,不同土样含水量处理(图2,第30天)对具鞘微鞘藻形成的荒漠藻结皮的藻类生物量影响显著($F=57.521$,$p=0.000$)。可以看出,CK处理的结皮藻类生物量最低(3.98±0.64 μg·cm⁻²),5%和10%处理的结皮藻类生物量略高于CK,但无显著差异。15%处理的结皮藻类生物量高于CK和5%,但与10%无显著差异。20%处理的结皮藻类生物量最高(9.69±1.07 μg·cm⁻²)。这说明在快速形成荒漠藻结皮过程中,土样含水量低于10%时,不能提高结皮藻类生物量,土样含水量高于10%时,能提高结皮藻类生物量。

3.4 土样类型对荒漠藻结皮形成的影响

由图3可以看出,接种后第3~6天,黏土方格沙障土样处理的结皮藻类生物量比其他土样处理高。说明藻种更能快速适应黏土方格沙障土样。第9天5个土样处理都出现肉眼可见的荒漠藻结皮。第18~27天,除了治理10年后沙丘土样,柴草方格沙障土样处理的结皮藻类生物量比其他土样处理高。方差检验结果表明,不同土样类型处理(图3,第27天)对具鞘微鞘藻形成的荒漠藻结皮的藻类生物量影响显著($F=9.349$,$p=0.001$)。可以看出,白刺沙包、黏土方格沙障、人工梭梭林和10年治理后沙丘土样处理的结皮藻类生物量无显著差异,柴草方格沙障土样处理的结皮藻类生物量(6.02±0.47 μg·cm⁻²)显著高于其他土样处理。

结合本文对5个土样的理化分析,柴草方格沙障土样具有最高的综合排位(表2),说明快速形成有一定规模的荒漠藻结皮最适的土样类型是柴草方格沙障土样。

4 讨论

4.1 接种量对荒漠藻结皮形成的影响

自然藻结皮的形成需要若干年的时间,为了快速形成荒漠藻结皮从而达到固定沙丘的作用。人为在裸沙表面接入具鞘微鞘藻,将有助于裸沙表面形成荒漠藻结皮。本研究表明,在一个月内,裸沙表面不接入具鞘微鞘藻,在裸沙表面不形成荒漠藻结皮,而且藻类生物量极低。随着接种量的增加,藻类生物量呈明显增加趋势,且都形成了肉眼可见的荒漠藻结皮,与其他研究结果一致[17]。本研究中,接种量增加到30 μg·cm⁻²时,藻类生物量的增加趋势不明显。这种结果可以解释为,只有当裸沙表面的藻类生物量达到一定数量的时候,才能形成肉眼可见的荒漠藻结皮;而初期裸沙表面所能提供藻类生

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

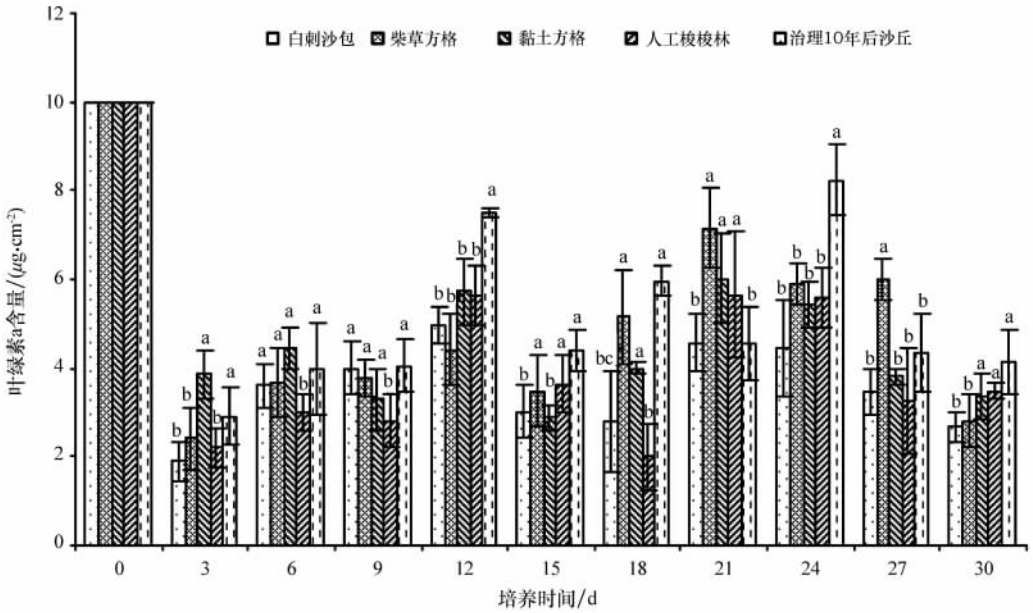

图 3　土样类型对荒漠藻结皮形成的影响(接种量为 10 μg·cm^{-2},土样含水量为 20%;不同小写字母表示处理间差异显著,$p<0.05$)

Fig. 3　Effect of soil substrate to the formation of the desert algae crust. Inoculum size is 10 μg·cm^{-2}, Soil moisture is 20%. Different lowercase letters indicated significant difference at 0.05 level

长的营养成分是很少的,当接种量超过裸沙表面能够承载的藻类数量时,部分藻类死亡,使荒漠藻结皮生物量维持在相对稳定的范围内。

4.2　土样含水量对荒漠藻结皮形成的影响

水分是沙漠生物生长最重要的限制因子。本研究表明,裸沙表面含水量的变化对荒漠藻结皮形成有很大影响。在一个月内,在裸沙表面不施加水分和施加少量水分,裸沙表面都不会形成荒漠藻结皮,藻类生物量也很低。随着裸沙表面含水量的增加,藻类生物量显著增加,且形成荒漠藻结皮,与张丙昌等[18]的研究结果一致。这是因为在干旱时,具鞘微鞘藻的藻丝处于休眠状态,而只有裸沙表面含水量达到一定程度,才能为藻体提供一个湿润的微环境,使藻丝保持正常的生理活动。

4.3　不同区域的土样性质对荒漠藻结皮形成的影响

在民勤沙漠地区,通过不同层次的沙漠治理模式,初步取得一定成效,从而形成人工分割的沙漠地区格局。本研究表明,接种后,藻类生物量经过前几天快速下降后,又快速增加,而黏土方格沙障区域的裸沙表面藻类生物量最高;藻类生物量达到稳定后,除了治理 10 年后的固定沙丘区域,柴草方格沙障区域的裸沙表面藻类生物量最高。这种结果可能的原因是:①黏土方格沙障区域的表面裸沙含有藻类容易吸收的营养成分。②柴草方格沙障区域的裸沙土样性质更接近天然白刺沙包区域的裸沙土样性质。

5　结论

通过对不同接种量、不同土样含水量和不同土样类型下荒漠藻结皮的藻类生物量的变化分析,以及不同土样理化分析,得出荒漠藻结皮形成的有利条件是:接种量为 10 μg·cm^{-2}(以叶绿素 a 含量计),土样含水量为 10%,土样类型为柴草方格沙障土样。

参考文献:

[1]　王涛,朱震达. 我国沙漠化研究的若干问题[J]. 中国沙漠,2003,23(3):209－214.

[2]　戴晟懋,邱国玉,赵明. 甘肃民勤绿洲荒漠化防治研究[J]. 干旱区研究,2008,25(3):319－324.

[3]　杨晓晖,张克斌,赵云杰. 生物土壤结皮——荒漠化地区研究的热点问题[J]. 生态学报,2001,21(3):474－480.

[4]　谢作明,陈兰州,刘永定,等. 土壤丝状藻在荒漠治理中的作用研究[J]. 水生生物学报,2007,31(6):886－890.

[5]　陈兰州,刘永定,李敦海,等. 荒漠藻类及其结皮的研究[J]. 中国科学基金,2003,(2):90－93.

[6]　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):1142－1148.

[7]　周桔,雷霆. 土壤微生物多样性影响因素及研究方法的现状与展望[J]. 生物多样性,2007,15(3):306－311.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[8] 刘永定,黎尚豪.土壤藻类及其生理生态[J].水生生物学报,1993,17(3):272-277.

[9] González G, Mataloni G, Fermani P, et al. Ecology of algal communities of different soil types from Cierva Point, Antarctic Peninsula[J]. Polar Biolology, 2011, 34: 339-351.

[10] 陈小红,段争虎.我国干旱沙漠地区不同类型土壤结皮的理化性质研究[J].干旱区资源与环境,2008,22(9):134-138.

[11] 聂华丽,吴楠,梁少民,等.不同沙埋深度对刺叶墙藓植株碎片生长的影响[J].干旱区研究,2006,23(1):66-70.

[12] 王伟波,杨翠云,刘永定,等.实验室条件下沙埋对人工藻结皮生物量、光合活性和胞外多糖的影响[J].生命科学,2007,37(2):241-245.

[13] 何明珠,李新荣,张景光,等.土壤生物结皮蒸散特征研究[J].中国沙漠,2006,26(2):159-164.

[14] 王新平,张志山,张景光,等.荒漠植被影响土壤水文过研究评述[J].中国沙漠,2005,25(2):196-201.

[15] 周志刚,程子俊,刘志礼.沙漠结皮中藻类生态研究[J].生态学报,1995,15(4):385-391.

[16] 胡春香,刘永定.土壤藻生物量及其在荒漠结皮的影响因子[J].生态学报,2003,23(2):284-291.

[17] 郑云普,张丙昌,赵建成,等.具鞘微鞘藻在荒漠藻结皮形成过程中的作用[J].生态学报,2010,30(6):1655-1664.

[18] 张丙昌,王敬竹,张元明,等.水分对具鞘微鞘藻构建人工藻结皮的作用[J].应用生态学报,2013,24(2):535-540.

Effects of Inoculum Contentration, Moisture and Substrate on the Formation of Desert Algae Crust

Huang Wenfu, Liu Zuojun, Shan Xiwen, Zhang Yahan, Wang Qiang

(School of Life Science and Technology, Lanzhou Universtiy of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: As a kind of biological crust, the desert algae crust plays an important role in the desertification control. The cultivation of *Microcoleus vaginatus* can accelerate the formation of desert algae crust. We investigated the effect of different factors on the formation of algae crust under simulated ecological environment to find the optimal ecological condition. Our results showed that: in the rapid process of the formation of algae crust, the algae crust changed similarly, and the algae reduced with the decrease of inoculum concentration and soil moisture content. Research on desert algae crust in the soil samples from different areas showed that the desert algae crust in the straw squares soil sample was the highest. In a word, our results showed that the optimal ecological conditions for the formation of algae crust are as follows: the Chla inoculum size of 10 $\mu g \cdot cm^{-2}$, the soil moisture content of 10% and the soil type straw squares.

Key words: desert; algae crust; soil type; soil moisture

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net