

Research on Rice Planting Technology of Double-Film Mulching in Desert

Wanqiu Zhang, Yan Yan, Durong Bai, Lei Liang*

College of Environment, Liaoning University, Shenyang Liaoning
Email: *syllshenyang@163.com

Received: Mar. 24th, 2018; accepted: Apr. 6th, 2018; published: Apr. 13th, 2018

Abstract

In order to restore the sandy soil, double-film mulching technique is applied to the cultivation of desert rice. The un-restored sandy soil and the paddy soil planted by this technique were selected from 2014 to 2016 as the research object. The variations in soil nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and organic matter (SOM) contents in sand and paddy soils of Horqin Naiman Qi were studied. Results showed that paddy soil N, P, K and SOM contents increased with the increase of this technology application years. Compared to un-restored sandy soil, the content of soil total N in the paddy soil planted by double-film mulching technique increased by 100% and 200% in 2015 and 2016, respectively, and the soil could be restored; total P content increased by 100% and 400%, and the soil could be restored; total K content increased by 50% and 150%, and the soil could be restored; SOM content increased by 25%, 50% and 150% in 2014, 2015 and 2016, respectively, and the soil could be restored in 4 years. Moreover, soil $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and available P contents also increased. Overall, double-film mulching technique can improve the sandy paddy soil, restore the sandy land and provide the essential nutrients to the next generation of desert rice.

Keywords

Soil Restoration, Double-Film Mulching in Desert Rice Planting, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Organic Matter

双膜覆盖沙漠水稻种植技术研究

张婉秋, 闫岩, 白都荣, 梁雷*

辽宁大学环境学院, 辽宁 沈阳
Email: *syllshenyang@163.com

收稿日期: 2018年3月24日; 录用日期: 2018年4月6日; 发布日期: 2018年4月13日

*通讯作者。

摘要

为修复沙地土壤，将双膜覆盖技术应用于沙漠水稻种植中，选取了2014年起利用此技术种植的稻田土壤作为研究对象，研究了科尔沁奈曼旗沙地和稻田土壤氮、磷、钾、有机质含量的变化。发现随着此技术应用年限的增加，稻田土壤氮、磷、钾、有机质含量均呈现增加特征。与未修复沙地土壤相比，应用双膜覆盖技术稻田土壤总氮含量在2015年和2016年分别增加100%和200%；总磷含量分别增加100%和400%；总钾含量分别增加50%和150%；有机质含量在2014年、2015年和2016年分别增加25%、50%和150%，预计4年就可以恢复到一般草原土壤的营养水平；此外，双膜覆盖技术下铵态氮、硝态氮和有效磷含量也在随之增加。结果表明双膜覆盖技术的应用可以改善沙地稻田土壤，使土壤中的营养物质逐步达到正常土壤的水平，使沙地得到修复，并为下一代沙漠水稻的种植提供所需营养物质。

关键词

土壤修复，双膜覆盖沙漠水稻种植，氮，磷，钾，有机质

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土地荒漠化是指发生在干旱、半干旱和干燥半湿润地区，由气候变化和人类影响所造成的土地退化现象[1]。它是当前世界上一个重要的环境问题[2]。我国荒漠化的土地面积达 $2.64 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，占我国国土面积的 27.5% [3]。荒漠化问题将破坏土地资源、威胁生物多样性、加剧农民的贫困程度以及破坏生态环境[4]。目前针对荒漠化主要是采取建立人工防护林，退牧还草以及在沙区种植固沙植物等措施。我国大部分地区采取种草种树措施，但由于部分地区的土壤性质并不适合树草的生存，因此荒漠化仍在扩展。我国最为严重的荒漠化主要在内蒙古自治区[5]，其中以科尔沁沙地的奈曼旗沙地面积最大，危害最重[6]。

本文将内蒙古自治区奈曼旗沙地作为研究对象，以水稻衬膜和覆膜技术为基础，将双膜覆盖技术应用于该地区的水稻种植成果进行分析。

2. 双膜覆盖技术

双膜覆盖沙漠水稻种植是指在沙地被平整后，在砂层的 80 cm 处铺设防水衬膜，减少水的渗漏量；为防止地表蒸发量在地表覆盖厚度为 5~7 μm 的塑料薄膜，并在水稻全生育期内不建立水层，分蘖中期前维持根系层土壤基本饱和、之后保持根系层土壤处于非饱和状态。与传统沙漠绿化相比，双膜覆盖沙漠水稻种植技术具有快速绿化、有效降低氮素向地表水体的流失和由于深层渗漏污染地下水的风险、减少水资源消耗的显著特点，由表 1 可知，传统水稻每亩的需水量是 1400 m^3 [7]，衬膜水稻每亩的需水量是 800 m^3 [7]，利用双膜技术种植的水稻，每亩的需水量仅 500 m^3 。

Table 1. Comparison of rice water requirement

表 1. 水稻需水量对比

	传统水稻	衬膜水稻	双膜水稻
每亩需水量(m^3)	1400	800	500

3. 衬膜技术

水稻衬膜技术是利用无土栽培原理在漏水、漏肥,不能种植任何作物的贫瘠沙地上,通过铺设塑料薄膜防渗层,直接利用沙土作床土和水田土,进行定期灌溉、施肥而培育壮秧及大田栽培而获得高产的新技术[8]。在同等条件下,水稻衬膜技术比常规水稻节水 30%左右、省肥 10%、缩短生育期 7~10 天;衬膜工程可连续使用 10~12 年,不用机翻,可直接泡田、插秧[9]。1994 年,在内蒙古自治区奈曼旗示范种植的 23 亩衬膜水稻,平均亩产 649 Kg [10]。60 年代中期,日本水稻专家松岛省三等开展了小面积的沙地水稻栽培试验,取得了一些成果[11]。

4. 覆膜技术

水稻覆膜技术是将水稻直播或育苗移栽在有地膜覆盖的旱田或湿润田上,然后在非水淹条件下实行旱管旱长的一种节水栽培方式[12]。变自然状态为保护状态,变淹水状态为湿润状态,具有节水、节肥、省种、省工等显著的效果[13]。我国于 20 世纪 70 年代末期从日本引进地膜覆盖栽培技术,使农作物的产量大大提高,并且具有明显的经济效益[14]。2007 年在安岳县鸳鸯村 5 社和桅杆村 2、3 社开展试点 60 余亩,收到了良好的效果[15]。

5. 材料与研究方法

5.1. 研究区域概况

研究区位于科尔沁沙地南部,行政区划隶属于内蒙古自治区通辽市奈曼旗,该区位于东经 120°19'40"~121°31'44",北纬 42°14'40"~43°32'30",气候属大陆性温带半干旱气候,年均降水量为 366 mm,降雨主要集中在 6~8 月,年平均气温是 6.3℃,年蒸发量是 1935 mm [16]。

5.2. 土壤样品采集

为了保证野外采样的科学性,在地形地貌等土壤环境条件基本一致的内蒙古自治区通辽市奈曼旗科尔沁沙地内选取了未修复的沙地和于 2014 年应用双膜覆盖技术沙漠水稻种植的样地。每个样地选取 4 个样方,样方大小为 10 × 10 m,再在每个样方的典型部位设置土壤采样点,分别采取耕层(0~30 cm)土壤样品,每个土壤样品混匀后按照四分法缩分,并将其植物根系剔除后带回实验室风干、研磨。

5.3. 测定方法

土壤总氮采用凯氏消煮法测定,土壤总磷采用碳酸钠熔融法测定,土壤总钾采用氢氧化钠熔融法测定[17],土壤有机质采用国标法高温外热氧化-亚铁滴定法(GB9834-88)测定[18]。

5.4. 数据处理

数据的统计、相关分析在 SPSS 19.0 软件下进行,利用 EXCEL2013 处理图表。

6. 结果与分析

双膜覆盖技术应用于奈曼旗沙地水稻种植,将空白沙地土壤和试验稻田土壤氮、磷、钾、有机质含量进行测定与分析(见表 2)。在这项沙地生态修复中,修复的关键是增加土壤肥力[19],土壤肥力以土壤中的营养物质来衡量[20],因此,生态修复主要表现为土壤营养物质增加。其中以氮、磷为限制因素[21]。

6.1. 氮循环

水稻吸收的氮 50%~70%来自于土壤[22],土壤氮素供应能力是影响水稻产量的重要因素[23]。土壤

氮素转化是生物-土壤生态系统中氮素循环的重要一环[24]，因此有必要对沙漠水稻种植中的土壤氮循环进行介绍(见图 1)。如图 1 所示，氮的输入包括降水氮、生物固氮、有机肥施用氮、种子带入氮及化肥施用氮，氮的输出包括作物收获氮、反硝化损失氮、农田氨挥发氮。土壤养分的输入与输出决定了土壤养分库的盈亏和土壤肥力的发展方向，同时对环境也产生了潜在的影响[25] (见表 3 和表 4)。

6.1.1. 降水氮

根据内蒙古地区 2005~2016 年的平均降水情况[26]，计算得出降水氮的值为 328.6 g/亩。

6.1.2. 生物固氮

包括农作物和土壤生物固氮两部分，水稻固氮系数为 -30 kg/hm^2 ，生物固氮系数为 25 kg/hm^2 [25]。得出生物固氮为 3668.5 g/亩。

Table 2. Soil test substances

表 2. 土壤待测物质

测定指标	测定深度(cm)	测定年份
总氮	0~30	2014~2016
硝态氮和铵态氮	0~5	2016
	10~15	2016
总磷	0~30	2014~2016
	0~5	2014~2016
有效磷	10~15	2014~2016
	15~30	2014~2016
总钾	0~30	2014~2016
有机质	0~30	2014~2016

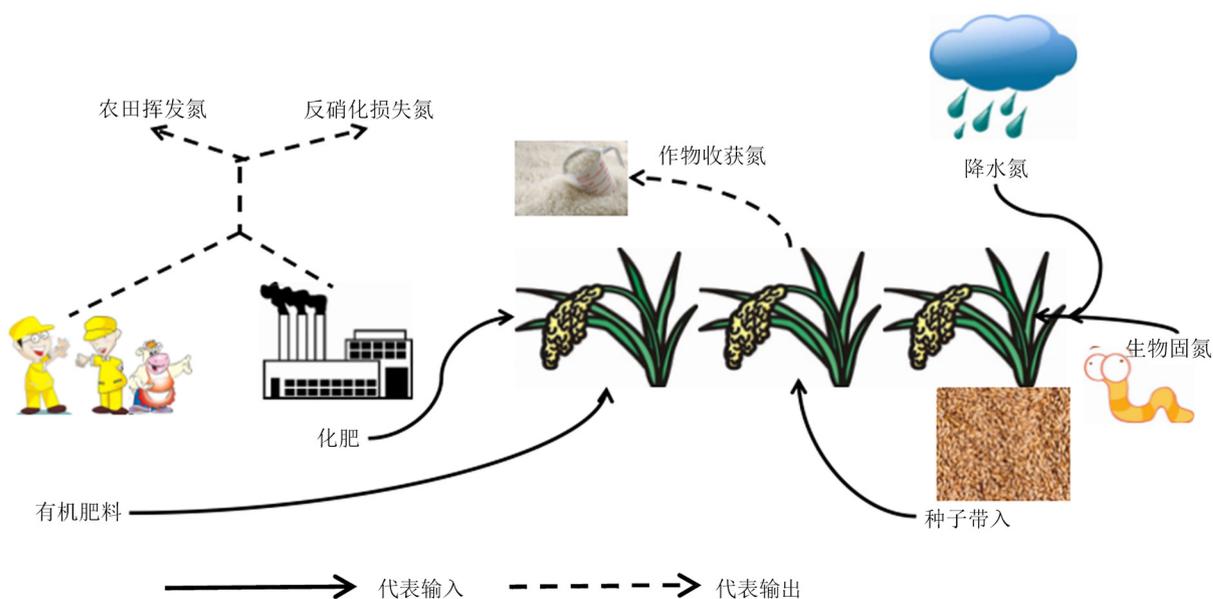


Figure 1. Nitrogen cycle

图 1. 氮循环

Table 3. Input of soil nitrogen**表 3.** 土壤氮的输入

	降水氮	生物固氮	有机肥施用氮	种子带入氮	化肥施用氮	总计
输入氮(g/亩)	328.6	3668.5	500.0	150.1	0	4647.2

Table 4. Output of soil nitrogen**表 4.** 土壤氮的输出

	作物收获氮	反硝化损失氮	农田挥发氮	总计
输出氮(g/亩)	2865.0	65.0	100.0	3030

6.1.3. 有机肥施用氮

此次种植的水稻需要的有机肥主要来源于猪粪,猪粪含氮量是 2 g/kg [27]。得出的结果为 500.0 g/亩。

6.1.4. 种子带入氮

即农作物的播种面积乘以相应的系数,水稻对应的种子带入氮的系数为 2.25 kg/hm² [25]。得出的结果是 150.1 g/亩。

6.1.5. 化肥施用氮

在此次沙漠水稻种植过程中,未施用化肥,因此化肥带入的氮为 0 g/亩。

6.1.6. 作物收获氮

只考虑农作物的果实部分,即收获水稻的重量和果实含氮量系数相乘,该系数为 19.1 kg/t [25]。得出的结果是 2865.0 g/亩。

6.1.7. 反硝化损失氮

包括施用化肥和有机肥,其中化肥部分为 0,有机肥含氮量和 13%相乘[25]。得出的结果是 65.0 g/亩。

6.1.8. 农田挥发氮

包括施用化肥和有机肥,其中化肥部分是 0,有机肥含氮量和 20%相乘[25]。得出的结果是 100.0 g/亩。

土壤剩余氮即为土壤氮的输入减去土壤氮的输出,得出结果为 1617.2 g/亩,表明膜技术的应用,可以使土壤中的氮留存,为下一代水稻种植提供氮元素(图 1, 表 3 和表 4)。

6.2. 土壤总氮含量变化

氮素占植物体内干重的 0.3%~5% [28],氮素是植物生长需要最多的、最重要的矿质元素,也是蛋白质、核酸、磷脂等植物生长发育所必需物质的组成成分[29]。它是衡量土壤肥力的主要指标[30],在农业生产和土壤生态保护中发挥重要作用[31]。本研究采用凯氏消煮法[17],对沙地和稻田土壤的总氮含量进行测定。由图 2 可知,随着膜技术使用年限的增加,稻田 0~30 cm 土层土壤的总氮占土壤的比率也随之增加。和未修复沙地土壤相比,应用膜技术的稻田土壤在 2015 年和 2016 年总氮含量分别增加 100%和 200%,膜技术使用的第二年稻田土壤总氮占土壤的比率显著增加。说明膜技术的使用能够使稻田土壤总氮含量得到提高,改善土壤,有利于合成水稻自身生长发育所需养的营养物质。

硝态氮(NO_3^-)和铵态氮($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$)是植物生长发育过程中吸收的主要氮源[32]。土壤中的 NO_3^- 通过植物根系的主动运输进入植物体内,首先, NO_3^- 在硝酸还原酶(NR)的作用下还原成 NO_2^- ,然后在亚硝酸还原酶(NiR)的作用下转化为 NH_3 ,再通过谷氨酰胺合成酶(GS)途径合成氨基酸被植物利用[28]。土壤中的 NH_4^+ 进入到植物的细胞内,可以直接合成氨基酸被植物利用[33]。对稻田土壤的铵态氮和硝态氮进行测定(见表 5)。2016 年

0~5 cm 土层土壤铵态氮 3.58 mg/kg, 硝态氮 2.84 mg/kg, 15~30 cm 土层土壤铵态氮含量 0.99 mg/kg, 硝态氮 9.82 mg/kg, 结合图2总氮含量可知:0~5 cm 土层土壤铵态氮占总氮含量的0.298%, 硝态氮占总氮含量的0.083%, 10~15 cm 土层土壤铵态氮占总氮含量的 0.237%, 硝态氮占总氮含量的 0.818%, 表明应用膜技术的稻田土壤总氮含量在逐年增长, 铵态氮和硝态氮的含量也随之增加, 使水稻能够从土壤中吸收更多氮素, 供自身生长。

6.3. 土壤总磷含量变化

磷是植物生长过程中必需的大量营养元素, 它具有重要的营养生理功能, 植物吸收磷素主要是通过土壤[34]。本研究采用碳酸钠熔融法[17], 对沙地和稻田土壤的总磷含量进行测定, 由图3可知, 随着膜技术使用年限的增加, 稻田 0~30 cm 土层土壤总磷含量逐步增加。和未修复沙地土壤相比, 应用膜技术的稻田土壤在 2015 年和 2016 年总磷含量分别增加 100% 和 400%, 在第二年增幅明显加大。表明膜技术的使用能够使土壤中总磷的含量提高, 可以增加植物磷吸收量。

6.4. 土壤有效磷含量变化

土壤有效磷是当季作物可从土壤中获取的主要磷养分资源[35], 它是土壤养分组成的重要部分[36]。土壤中有有效磷主要来自有机磷的矿化和难溶性磷酸盐的溶解, 土壤有机磷经过矿化分解而转化为有效态磷, 然后供给植物吸收利用[34]。对沙地和稻田土壤有效磷含量进行测定, 发现沙地土壤有效磷含量没有变化, 稻田 0~5 cm 和 10~15 cm 土层土壤有效磷含量随膜技术使用年限的增加逐步增加(图4)。在 0~5 cm 土层土壤, 2016 年有效磷含量比 2014 年增加 11.01%; 在 10~15 cm 土层土壤, 2016 年有效磷含量比 2014 年增加 6.02%; 虽然在 15~30 cm 土层土壤, 2016 年有效磷含量比 2014 年减少 16.39%, 但并不影响总体增长趋势, 说明膜技术的应用可以增加土壤有效磷含量, 进而增加水稻对土壤磷素中有效磷的吸收, 给自身提供营养。

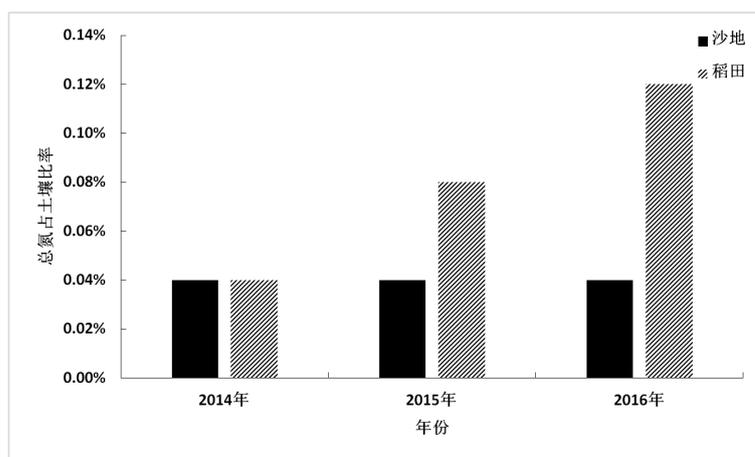


Figure 2. Total nitrogen to soil ratio

图2. 总氮占土壤比率

Table 5. $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$ content

表5. 铵态氮和硝态氮含量

测定内容	土壤深度(cm)	铵态氮含量 mg/kg	硝态氮含量 mg/kg
2016 稻田	0~5	3.58	0.99
2016 稻田	10~15	2.84	9.82

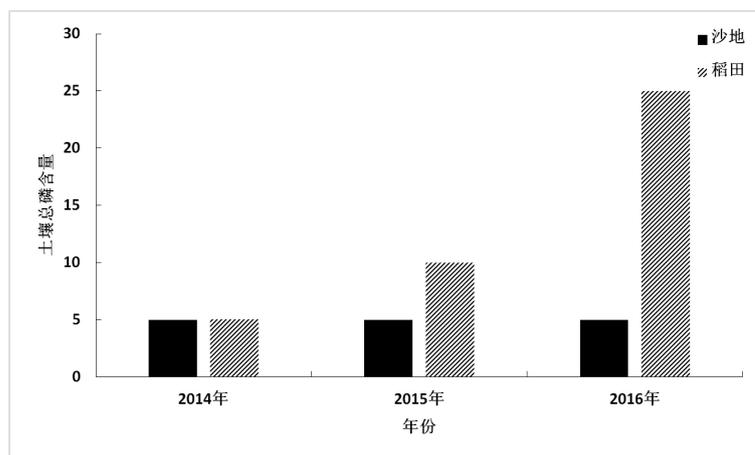


Figure 3. Total phosphorus content

图 3. 总磷含量

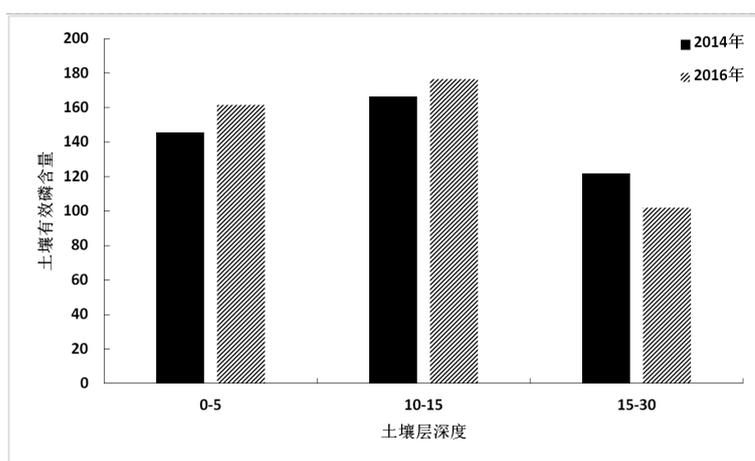


Figure 4. Available P content

图 4. 有效磷含量

6.5. 土壤总钾含量变化

钾是植物必需的营养元素之一，土壤中的钾是植物所需钾的主要来源[37]。它通过质流、扩散和根系截获的方式到达根表被植物吸收[38]。本研究采用氢氧化钠熔融法[17]，对沙地和稻田土壤的总钾含量进行了测定。由图 5 可知，随着膜技术使用年限的增加，稻田 0~30 cm 土层土壤总钾含量逐步增加。和未修复沙地土壤相比，应用膜技术的稻田土壤在 2015 年和 2016 年总钾含量分别增加 50% 和 150%，在第二年增幅明显加大。表明膜技术的使用能够改善土壤，使土壤总钾的含量增加，进而增加水稻钾吸收量。

6.6. 土壤有机质含量变化

土壤有机质是衡量土壤肥力的重要指标[39]，是影响土地生产力的重要因素之一[40]。土壤有机质是植物必需营养元素的主要来源，能够增加土壤的蓄水、保水和保肥能力[41]，改善土壤的结构和物理化学性质(缓冲性能，吸附、离子交换性能和络合能力等) [42]。在荒漠化地区，它的含量直接影响该地区土壤质量的高低[43]。本研究采用国标法高温外热氧化-亚铁滴定法(GB9834-88) [18]，对沙地和稻田土壤的有机质含量进行测定。由图 6 可知，随着膜技术使用年限的增加，稻田 0~30 cm 土层土壤有机质含量逐步

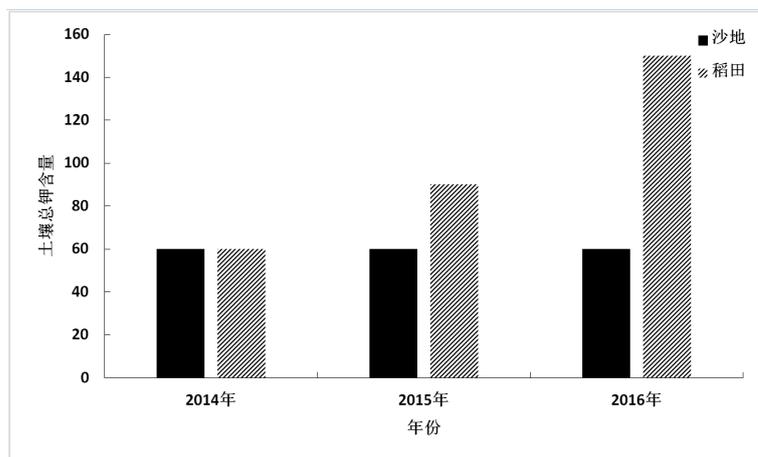


Figure 5. Total potassium content

图 5. 总钾含量

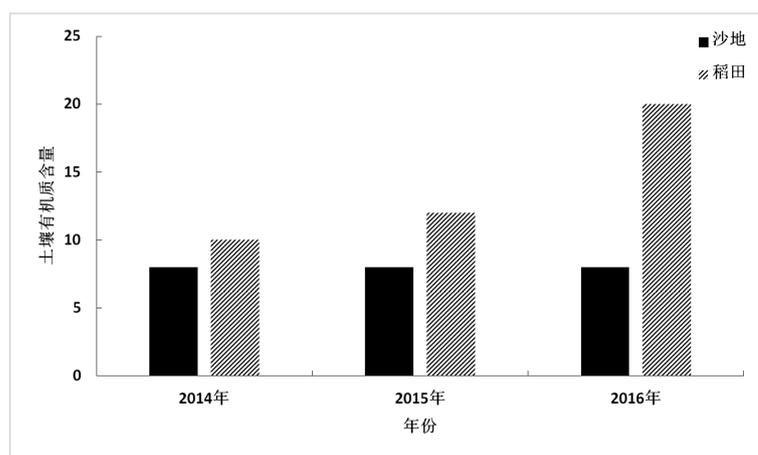


Figure 6. Organic matter content

图 6. 有机质含量

增加。和未修复沙地土壤相比，应用膜技术的稻田土壤在 2014 年、2015 年和 2016 年有机质含量分别增加 25%、50% 和 150%，在 2016 年增幅明显加大。参照我国锡林郭勒草原土壤有机质的含量 23.024 g/kg 计[44]，以 2014 年为起点，以此速度增长，预计 4 年就可以达到正常土壤的有机质含量水平。

7. 结论

将双膜覆盖技术应用于沙漠水稻种植上，随着此技术应用年限的增加，土壤总氮、铵态氮、硝态氮、总磷、有效磷、总钾和有机质含量呈不断增加的趋势，并且后期增加幅度高于前期。和未修复沙地土壤相比，应用双膜覆盖技术的稻田土壤在 2015 年和 2016 年总氮含量分别增加 100% 和 200%，并且铵态氮和硝态氮含量也在随之增加。土壤总磷含量在 2015 年和 2016 年分别增加 100% 和 400%，并且有效磷含量总体也成增加趋势；总钾含量在 2015 年和 2016 年分别增加 50% 和 150%；土壤有机质含量在 2014 年、2015 年和 2016 年分别增加 25%、50% 和 150%，预计 4 年就可以恢复到一般草原土壤营养水平。总体来说，此技术的应用一方面可以改善土壤，使土壤中的营养物质逐步达到正常土壤的水平，使沙地得到修复，并为下一代沙漠水稻的种植提供营养物质；另一方面种植的水稻可以给市场提供无污染、无公害的优质大米，形成独具特色的沙区绿色有机稻米产业带。

8. 沙漠水稻种植中存在的问题

多年衬膜水稻移栽后秧苗返青迟缓、发根差、叶片黄褐色、下部叶片枯死，整个根系呈黑色或暗灰色，严重时根部腐烂。这主要是衬膜完全阻断氧气，土壤底层中高价铁离子被还原成低价铁离子，低价铁离子主要毒害水稻老根、水稻常伴有缺钾、磷症状发生。水稻受害的亚铁临界浓度为 50~100 ppm，亚铁越高水稻受害越重，可以直接或间接抑制水稻生长。对此我们研发试用沙漠水稻专用铁肥，用以消除低价亚铁毒害。

基金项目

辽宁省教育厅 2017 年度高等学校基本科研立项：双膜覆盖沙漠水稻种植技术研究(LFW201703)。

参考文献

- [1] 蒋德明, 刘志民, 寇振武. 科尔沁沙地荒漠化及生态恢复研究展望[J]. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1695-1698.
- [2] 朱震达. 土地荒漠化问题研究现状与展望[J]. 地理研究所, 1994, 13(1): 104-113.
- [3] 魏江春. 沙漠生物地毯工程——干旱沙漠治理的新途径[J]. 干旱区研究, 2005(3): 287-288.
- [4] 董光荣, 吴波, 慈龙骏, 等. 我国荒漠化现状、成因与防治对策[J]. 中国沙漠, 1999, 19(4): 318-332.
- [5] 郭瑞霞, 管晓丹, 张艳婷. 我国荒漠化主要研究进展[J]. 干旱气象, 2015, 33(3): 505-513.
- [6] 王康富. 内蒙科尔沁沙地奈曼地区沙漠化土地综合整治初步研究[J]. 中国沙漠, 1989, 9(1): 36-40.
- [7] 王婷. 榆林沙区衬膜水稻栽培技术与构建[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [8] 张雄, 山颖, 张继平. 沙地衬膜水稻施肥效应与技术研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 139-142.
- [9] 池海清. 沙地衬膜栽培水稻技术研究[J]. 现代农业科技, 2008(18): 172.
- [10] 王贵平. 向沙漠要粮已梦想成真-沙地衬膜种稻技术[J]. 现代农业, 1995(10): 17-18.
- [11] 松岛省三. 水稻栽培新技术[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1987.
- [12] 刘洋, 张玉焯, 王学华. 水稻覆膜栽培研究现状与展望[J]. 湖南农业科学, 2009(2): 55-58.
- [13] 吴炳祥. 水稻覆膜栽培技术[J]. 现代农业科技, 2014(10): 31.
- [14] 吕世华, 刘水富, 袁江. 关于覆膜水稻推广应用中的“白色污染”[J]. 四川农业科技, 2009(2): 54-55.
- [15] 袁亮. 覆膜水稻在安岳县鸳大镇示范成功[J]. 四川农业科技, 2009(2): 44.
- [16] 于艳华, 乌兰图雅, 阿拉腾图雅. 科尔沁沙地退耕还林还草的生态效应分析——以通辽市奈曼旗为例[J]. 国土资源科技管理, 2007, 24(1): 23-28.
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [18] 中华人民共和国国家标准. GB9834-88. 土壤有机质测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.
- [19] 王磊, 香宝, 苏本营, 等. 城市污泥应用于我国北方沙地生态修复的探讨[J]. 环境工程技术学报, 2016, 6(5): 484-492.
- [20] 骆东奇, 白洁, 谢德体. 论土壤肥力评价指标和方法[J]. 生态环境学报, 2002, 11(2): 202-205.
- [21] 郭楠. 煤矿废弃地不同修复模式下土壤理化性质及生态化学计量学研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 太原理工大学, 2016.
- [22] 陈德立, 朱兆良. 稻田土壤供氮能力的解析研究[J]. 土壤学报, 1988(3): 262-268.
- [23] 蔡贵信, 张桃林, 朱兆良. 测定稻田土壤氮素矿化过程的淹水密闭培养法的条件试验[J]. 土壤, 1979(6): 234-240.
- [24] 张金波, 宋长春. 土壤氮素转化研究进展[J]. 东北农业科学, 2004, 29(1): 38-43.
- [25] 梁雷, 张建莉, 王峰源. 辽宁省主要地区农田生态系统氮负荷的研究[J]. 水生太学杂志, 2013, 34(2): 62-68.
- [26] 崔学明, 樊明寿, 韩鹏, 等. 城市与草地生态系统大气氮沉降变化与特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(3): 98-102.
- [27] 梁雷, 刘峰, 何丽, 等. 浑河上游不同类型农户氮负荷特征[J]. 生态学杂志, 2011, 30(10): 2315-2322.

- [28] 邢瑶, 马兴华. 氮素形态对植物生长影响的研究进展[J]. 中国农业科学导报, 2015, 17(2): 109-117.
- [29] 王平, 陈举林. 植物氮素吸收过程研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016(1): 33-35.
- [30] 袁静, 季平扬, 袁艺. 修正的凯氏法测定土壤中的总氮[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(2): 143-146.
- [31] 郭小颖. 开氏消煮-常量蒸馏-滴定法测定土壤中总氮量[J]. 环境研究与监测, 2011(2): 33-35.
- [32] 吴巍, 赵军. 植物对氮素吸收利用的研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(13): 75-78.
- [33] 李新鹏, 童依平. 植物吸收转运无机氮的生理及分子机制[J]. 植物学报, 2007, 24(6): 714-725.
- [34] 唐晓鹿, 范少辉. 土壤磷有效性研究进展[J]. 中国林业青年学术学会, 2010.
- [35] 曾招兵, 曾思坚, 汤建东, 等. 广东省耕地土壤有效磷时空变化特征及影响因素分析[J]. 生态环境学报, 2014(3): 444-451.
- [36] 梁士楚, 张淑敏, 于飞海, 等. 绢毛匍匐委陵菜与土壤有效磷的小尺度空间相关分析[J]. 植物生态学报, 2007, 31(4): 613-618.
- [37] 刘会玲, 陈亚恒, 段毅力, 等. 土壤钾素研究进展[J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(z1): 66-68.
- [38] 占丽平, 李小坤, 鲁剑巍, 等. 土壤钾素运移的影响因素研究进展[J]. 土壤, 2012, 44(4): 548-553.
- [39] 宋春雨, 张兴义, 刘晓冰, 等. 土壤有机质对土壤肥力与作物生产力的影响[J]. 2008, 24(3): 357-362.
- [40] 张治国, 马福武. 土壤有机质对坡耕地土壤侵蚀及作物产量的影响[J]. 中国水土保持, 1997(8): 11-13.
- [41] 李文芳, 杨世俊, 文赤夫, 等. 土壤有机质的环境效应[J]. 环境与可持续发展, 2004(4): 31-33.
- [42] 文启孝. 土壤有机质的组成、形成和分解[J]. 土壤, 1984, 16(4): 3-11.
- [43] 黄元仿, 周志宇, 苑小勇. 干旱荒漠区土壤有机质空间变异特征[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2776-2781.
- [44] 贺俊杰. 锡林郭勒草原土壤主要营养成分的空间分布[J]. 草业科学, 2013, 30(11): 1710-1717.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org