

姬松茸菌糠改良苏打盐碱土对土壤化学性质及牧草生长的影响*

谢修鸿^{1,2}, 李玉^{2**}

1. 长春大学生物科学技术学院, 长春 130022; 2. 吉林农业大学食药菌教育部工程研究中心, 长春 130118

摘要: 通过盆栽试验初步研究了栽培姬松茸后的下脚料(即菌糠)对苏打盐碱土的改良作用。结果表明:将姬松茸菌糠施入苏打盐碱土后,土壤化学性质发生了显著改善。土壤 pH 值随菌糠用量的增加而降低,土壤可溶性盐组成中 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 的含量随菌糠用量的增加而减少,当菌糠用量达 50.0 g/kg 时, CO_3^{2-} 消失; Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量与全盐量的变化规律一致,随菌糠用量的增加而提高;其可溶性盐中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 含量增加。而土壤交换性阳离子组成中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量增加,交换性 Na^+ 含量降低,阳离子交换量增加,其碱化度降低,且交换性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量与菌糠用量呈正相关关系 ($r=0.9923$, $r=0.9813$);交换性 Na^+ 含量、碱化度与菌糠用量呈负相关关系 ($r=0.9624$, $r=0.9521$)。这说明将姬松茸菌糠施入苏打盐碱土后,改善了土壤化学性质,创造了宜于作物生长的土壤环境,提高了土壤肥力。在施入菌糠的苏打盐碱土上种植牧草,可提高其地上部生物量。菌糠作为有机改良剂改良苏打盐碱土是可行的。

关键词: 姬松茸菌糠; 苏打盐碱土; 土壤改良

中图分类号: S156.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-5684(2010)05-0518-05

Effect of Waste Material Cultured *Agaricus blazei* on Chemical Characteristics of Soda Alkali-Saline Soil and Growth of Forage Grass

XIE Xiu-hong^{1,2}, LI Yu²

1. College of Biological Sciences and Technology, Changchun University, Changchun 130022, China;
2. Engineering Research Center of Ministry of Education for Edible and Medicinal Fungi, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

Abstract: A pot experiment test was carried out to study effect of waste material cultured *Agaricus blazei* on soda alkali-saline soil improvement. The results showed that after adding waste material cultured *Agaricus blazei*, pH lowered, CO_3^{2-} and HCO_3^- content decreased. As the amount of waste material cultured *Agaricus blazei* reached 50.0 g/kg, CO_3^{2-} content disappeared, Cl^- and SO_4^{2-} content and total salt improved with the increase of the amount of waste material cultured *Agaricus blazei*, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ contents of soil salinity compositions increased compared with the control. The results of the effect of waste material cultured *Agaricus blazei* on exchangeable cation compositions indicated that when exchangeable Ca^{2+} , Mg^{2+} contents improved, CEC remarkably increased, exchangeable Na^+ content decreased, and ESP remarkably reduced. Exchangeable Ca^{2+} , Mg^{2+} contents were positively correlated to application rates of waste material cultured *Agaricus blazei*, and positive correlation coefficient was $r =$

* 基金项目: 吉林农业大学博士后科学基金项目(2006-10), 吉林省教育厅科研项目(200790)

作者简介: 谢修鸿,女,博士,讲师,从事草坪学与土壤肥料学的教学与其相关科研工作。

收稿日期: 2010-07-10 修回日期: 2010-08-20

** 通讯作者

0.992 3, $r = 0.981 3$. Exchangeable Na^+ content, and ESP were negatively correlated to application rates of waste material cultured *Agaricus blazei*, and negative correlation coefficient is $r = 0.962 4$, $r = 0.952 1$. Soil fertility had remarkable improvement after adding waste material cultured *Agaricus blazei*. Outcomes of planting hay crop above improvement soil were the increase of biomasses of aerial growth plant. The results indicated the improvement of chemical properties of soda alkali-saline soil created good soil environments for crop growth after more waste material cultured *Agaricus blazei* was directly added into soda alkali-saline soil, and at the same time, plant growth has remarkable improvement. Adding waste material cultured *Agaricus blazei* is a feasible method to improve soda alkali-saline soil.

Key words: waste material cultured *Agaricus blazei*; soda alkali-saline soil; soil improvement

菌糠是以棉籽壳、锯木屑、稻草、玉米芯、甘蔗渣及多种农作物秸秆等为主要原料栽培食用菌后的废弃培养基。菌糠中含有丰富的有机物和多种矿质元素。据测定分析:有机物含量 15.660%、氮含量 1.274%、磷含量 0.211%、钾含量 1.450%,菌糠中还含有钙、磷、钠、铜等多种微量元素^[1],是生产有机肥料资源^[2]。栽培食用菌后的菌糠含有约 14%的蛋白质和丰富的维生素,菌糠中残余的大量菌丝体含有一般饲料所缺乏的必需氨基酸,是营养丰富的廉价饲料^[3]。然而,我国食用菌总产量和总出口量已跃居世界第 1 位,菌糠年产量约 400 万 t^[4],除部分用作畜禽饲料、有机肥料、花土外,大部分按传统的处理方法丢弃或燃烧,不但造成资源浪费,而且导致霉菌和害虫滋生,空气中有害孢子数量增加,从而造成环境污染^[4]。理论上认为废弃菌糠可用来改良盐碱土壤,然而实际研究结果鲜见。为此,笔者采用姬松茸菌糠做有机改良剂,研究其对苏打盐碱土的改良作用,以验证菌糠改良苏打盐碱土的可行性。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

吉林省西部松原市前郭县套浩太乡碱巴拉村北中度苏打盐碱土,土壤类型为草甸碱土。土壤 pH 值为 9.8,碱化度为 23.32%,有机质含量为 8.12 g/kg,碱解氮 34.14 mg/kg,速效磷 7.31 mg/kg,速效钾 76.51 mg/kg。

1.2 姬松茸菌糠

供试栽培姬松茸后的下脚料即菌糠,由吉林农业大学菌物所提供。菌糠原始配比为稻草 38%,玉米芯 25%,豆秸 10%,牛粪 25%,硝酸铵 2%。菌糠 pH 值为 7.4,全氮、全磷、全钾分别为 18.95,3.31,6.67 g/kg。

1.3 试验设置

盆栽试验:采用直径 40 cm、高 50 cm 的塑料桶,每桶装土 17.5 kg。菌糠经太阳暴晒 7 d 后,除去霉变部分,然后粉碎,按用量梯度直接施入土壤中。菌糠用量梯度为风干土重:0,10,25,50,75,100,150 g/kg 7 个处理,种植牧草(每盆定苗 40 株),每个处理 5 次重复,随机排列。盆栽试验于 2006 年 5 月至 2006 年 10 月在吉林农业大学院内网室进行,收获后测定牧草生长情况,同时采集土样(0~20 cm)进行室内测定。

草种为“朝牧一号”,由辽宁省朝阳市草原站提供。

1.4 测定方法^[5]

CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 采用电位滴定法测定;pH 值采用酸度计(PHS-3C)测定;盐分采用电导法测定; Cl^- 采用莫尔法测定; SO_4^{2-} 采用硫酸钡比浊法测定;水溶性阳离子 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ ,交换性阳离子组成及阳离子交换量均采用原子吸收分光光度计法测定(AA-6700)。菌糠全氮测定采用凯式定氮法;全磷测定采用钼锑抗比色法;全钾测定采用火焰分光光度法。其他按常规方法测定。

2 结果与讨论

2.2 姬松茸菌糠对苏打盐碱土化学性质的影响

2.2.1 施用姬松茸菌糠对苏打盐碱土 pH 值的影响 盐碱地土壤 pH 值偏高是限制作物生产的主要因素之一^[6]。盆栽试验结束后,采集土样测定了施入姬松茸菌糠后土壤 pH 值的变化。结果显示(图 1),姬松茸菌糠具有显著降低苏打盐碱土 pH 值的作用。一方面姬松茸菌糠 pH 值近乎中性,菌糠或其腐解产生的腐植酸组成中含有多种功能团,如羧基、酚羟基、醇羟基、甲氧基等,由于基团分子表面羧基、酚羟基的解离,解离下来的

H⁺中和土壤中OH⁻致使土壤溶液pH值降低;另一方面施入姬松茸菌糠后降低了苏打盐碱土交换性Na⁺含量(表2)。土壤pH值与交换性Na⁺含量呈显著正相关关系^[7]。

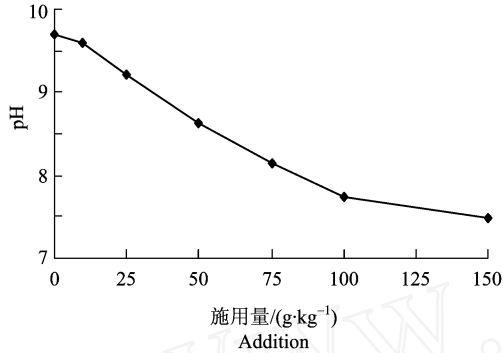


图1 姬松茸菌糠施用量对土壤pH值的影响

Fig.1. Effect of waste material cultured Agaricus blazei on pH in soda alkali-saline soil

2.2.2 施用姬松茸菌糠对苏打盐碱土可溶盐组成的影响 盆栽试验结果表明(表1),姬松茸菌糠施入苏打盐碱土后,土壤可溶盐组成中CO₃²⁻和HCO₃⁻的含量随姬松茸菌糠用量的增加而减少,当菌糠用量达50.0 g/kg时,CO₃²⁻消失;Cl⁻、SO₄²⁻含量与全盐量的变化规律一致,随菌糠用量的增加而增加。可溶盐中Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺、Na⁺含量增加。土壤可溶盐组成变化,可能主要与土壤pH值降低有关,pH值降低促进了土壤中碳酸钙、镁盐的溶解,从而使Ca²⁺、Mg²⁺浓度升高,Ca²⁺和土壤胶体上的Na⁺发生交换作用,从而降低了土壤胶体对Na⁺的吸附,使Na⁺被代换出来进入土壤溶液。

表1 施用姬松茸菌糠对苏打盐碱土盐分组成的影响

cmol/kg

Table 1. Effect of waste material cultured Agaricus blazei on soda alkali-saline soil soluble salt composition

施用量/(g·kg ⁻¹) Addition	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	总盐/% Total salt
0(ck)	0.36	1.22	0.31	1.22	0.48	0.18	0.013 8	3.19	0.18
10	0.20	1.10	0.31	1.24	0.48	0.20	0.018 8	3.51	0.20
25	0.12	1.00	0.32	1.73	0.50	0.20	0.019 4	3.94	0.20
50	0	1.02	0.34	2.01	0.54	0.22	0.021 1	4.01	0.22
75	0	0.86	0.35	2.06	0.58	0.22	0.024 1	4.16	0.22
100	0	0.76	0.38	2.12	0.58	0.24	0.027 9	4.54	0.23
150	0	0.64	0.46	2.16	0.64	0.26	0.032 2	5.59	0.24

2.2.3 施用姬松茸菌糠对苏打盐碱土交换性阳离子组成及碱化度的影响 土壤交换性阳离子组成中,交换性Na⁺含量及其占阳离子交换总量的百分数(碱化度ESP)是决定土壤碱性强弱的重要化学指标。姬松茸菌糠施入苏打盐碱土后(表2),土壤交换性Na⁺含量和碱化度(ESP)均显著降低,两项指标与菌糠施用量均呈显著负相关;而交换性Ca²⁺、Mg²⁺及阳离子交换量(CEC)则随姬松茸菌糠施用量的增加而增大,且与姬松茸菌糠用量呈显著正相关。土壤pH值与交换性Na⁺含量呈显著正相关(y = 0.937 7x - 3.007 7, r = 0.977 4, P < 0.05)。可见,菌糠改良苏打盐碱土

引起交换性Na⁺含量降低是土壤pH值降低的主要因素之一。分析这一结果产生的原因可能有2个:一是菌糠或其腐解产生的腐植酸组成中含有多种功能团,如羧基、酚羟基、醇羟基、甲氧基等,由于功能团的解离作用使腐植酸胶体表面带有大量负电荷,从而具有显著吸附阳离子功能,结果使土壤溶液中的交换性Na⁺含量降低,土壤溶液pH值降低;二是姬松茸菌糠的施入引起土壤pH值降低,促进了土壤中碳酸钙、镁盐的溶解,使溶液中交换性Ca²⁺和Mg²⁺含量增加,致使土壤表面的交换性Na⁺含量降低。

表 2 姬松茸菌糠施用量与苏打盐碱土主要交换性阳离子及 CEC、ESP 的相关性

Table 2. Correlation of addition of waste material cultured *Agaricus blazei* on essential exchangeable cation, CEC, ESP of soda alkali-saline soil

项目 Item	主要交换性阳离子 Essential soil exchangeable cation			阳离子交换量 CEC	碱化度 ESP
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
回归方程 Regression equation	$y = 0.0742x + 3.5698$	$y = 0.1244x + 11.344$	$y = -0.1528x + 5.9907$	$y = 0.4253x + 27.8770$	$y = -0.7338x + 21.351$
相关系数 <i>r</i>	0.9923*	0.9813*	0.9624*	0.9647*	0.9521*

注 Note: “*” $P < 0.05$

2.2.4 施用姬松茸菌糠对苏打盐碱土肥力的影响 由于碱性及强碱性作用,盐碱土生草过程弱,加上碱性淋溶作用,使土壤表层与亚表层土壤为有机质,氮、磷含量相应较低。姬松茸菌糠施入苏打盐碱土后(表 3),土壤有机质含量增加,增加幅度为 13.15% ~ 168.98%;土壤速效氮、磷、速效

钾均增加,尤以速效磷、钾增幅较大。对照速效磷、速效钾含量分别为 7.23,76.00 mg/kg;当菌糠用量达 150 g/kg 时,其含量分别高达 74.68,269.73 mg/kg。可见,姬松茸菌糠施入苏打盐碱土后,可提高土壤肥力水平。

表 3 施用姬松茸菌糠对苏打盐碱土肥力的影响

Table 3. Effect of waste material cultured *Agaricus blazei* on fertility of soda alkali-saline soil

施用量/(g kg ⁻¹) Addition	有机质/(g kg ⁻¹) OM	碱解氮/(mg kg ⁻¹) Avail. N	速效磷/(mg kg ⁻¹) Olsen-P	速效钾/(mg kg ⁻¹) Avail. K
0(ck)	8.06	31.84	7.23	76.00
10	9.12	35.38	8.03	105.70
25	9.78	53.13	25.11	139.27
50	12.73	60.15	29.11	217.09
75	14.83	70.68	38.10	239.08
100	18.54	74.32	51.61	291.40
150	21.68	78.03	74.68	269.73

2.3 姬松茸菌糠改良苏打盐碱土对牧草生长状况的影响

作物生长状况及产量是检验菌糠对苏打盐碱土改良作用的最佳指标。盆栽试验菌糠用量对牧草生长状况及产量构成的影响见表 4。由表 4 可见,对照无苗,而施入菌糠后,牧草株高、每株分蘖数、千粒重及每盆地上干物重均显著提高。可见,菌糠对苏打盐碱土的改良作用使其上种植牧草的增产效果显著。一方面,施入菌糠后,改善了土壤

的盐分组成,增加了土壤 Ca²⁺ 含量,不仅改善了土壤的结构,而且可能减少了牧草对 Na⁺ 的吸收;同时降低了交换性 Na⁺ 含量,降低了碱化度(ESP)及土壤 pH 值等,提高了土壤肥力。另一方面,施入姬松茸菌糠后,可能有效提高了土壤活性有机质含量,改善了土壤酶活性等,结果提高了土壤的生物活性,间接改善了土壤结构,进而提高了土壤肥力。有关施用菌糠提高土壤活性有机质含量和土壤酶活性方面已有相关报道^[8]。

表 4 施用姬松茸菌糠对植物生长情况的影响

Table 4. Effect of waste material cultured *Agaricus blazei* on plant growth

施用量/(g kg ⁻¹) Addition	株高/cm Plant height	分蘖数 Tiller	每盆地上干物重/g Aerial dry matter weight per pot	千粒重/g 1000-grain weight
0(ck)	无苗			
10	47.0	2.2	22.19	结实率低(不记)
25	57.0	2.3	46.50	0.98
50	62.0	2.3	56.18	1.05
75	65.0	2.4	66.56	1.05
100	68.3	2.4	72.88	1.11
150	68.3	2.4	80.32	1.20

3 结 论

将姬松茸菌糠施入苏打盐碱土后,改善了土壤的化学性质,使苏打盐碱土中盐分含量组成、主要阳离子含量组成等利于向优化土壤结构方向转化,降低了苏打盐碱土的pH值和碱化度,提高了土壤肥力。在施入姬松茸菌糠的苏打盐碱土上种植牧草,可提高其地上部生物量。本研究结果初步证明了姬松茸菌糠改良苏打盐碱土确实可行。有关姬松茸菌糠施用后对苏打盐碱土生物活性等其他方面的影响及菌糠用量等仍需进一步研究。

参考文献:

[1] 侯立娟,姚方杰,高芮,等.食用菌菌糠再利用研究概述[J].

中国食用菌,2008,27(3):6-8.

- [2] 周飞.菌糠在肥料上的利用[J].土壤肥料,1991(3):42-44.
- [3] 郑林用,黄小琴,彭卫红.食用菌菌糠的利用[J].食用菌学报,2006,13(1):74-75.
- [4] 李学梅.食用菌菌糠的开发利用[J].河南农业科学,2003(5):40-42.
- [5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [6] 李宽意,刘正文,胡耀辉,等.影响盐碱地作物产量的土壤化学特征分析[J].江苏农业科学,2002(3):76-78.
- [7] 谢修鸿.吉林省西部苏打盐碱土理化特性及改良利用技术研究[D].长春:吉林农业大学,2000.
- [8] 申进文,沈阿林,张玉亭,等.平菇栽培废料等有机肥对土壤活性有机质和土壤酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(4):631-636.

(上接第 508 页)

- [9] Vander Fits L, Hilliou F, Memelink J. T2DNA activation tagging as a tool to isolate regulators of a metabolic pathway from a genetically non2 tractable plant species[J]. Transgenic Res, 2001, 10(6): 513-521.
- [10] 李杰,宋淑霞,吕占军.人参皂苷抗肿瘤作用的研究进展[J].中国肿瘤生物治疗杂志,2004,11(1):61-63.
- [11] 罗志勇,陆秋恒,刘水平,等.人参植物皂苷生物合成相关新基因的筛选与鉴定[J].生物化学与生物物理学报,2003,35(6):554-560.
- [12] Schneiderbauer A H, Sandermann J, Ernst D. Isolation of functional RNA from plant tissues rich in phenolic compounds[J].

Anal Biochem, 1991, 197(1):91-95.

- [13] 李菁芳,黄劲毅,田仁鹏.一种适用于RT-PCR的杉树类植物中总RNA提取的方法[J].武汉植物学研究,2004,22(6):551-556.
- [14] Zhang J J, Wang Y J, Wang X P. An improved method for rapidly extraction total RNA from vitis[J]. J Fruit Sci, 2003, 20(3): 178-181.
- [15] Salzman R A, Fujita T, Zhur-Salzman K, et al. An improved RNA isolation method for plant tissues containing high levels of phenolic compounds of carbohydrates[J]. Plant Mol Reprtr, 1999, 17(5):11-17.

(上接第 512 页)

- [10] Akiyoshi H, Noriyoshi M, Kouki F, et al. GFP expression by intracellular gene delivery of GFP-coding fragments using nanocrystal quantum dots[J]. Nanotechnology, 2008, 19: 1-12.
- [11] Gonzalez-Meilendi P, Fernandez-Pacheco R, Coronado MJ, et al. Nanoparticles as smart treatment-delivery systems in plants: assessment of different techniques of microscopy for their visualization in plant tissues[J]. Ann Bot, 2008, 101:187-195.
- [12] Karthikeyan Pasupathy, Sijie Lin, Qian Hu, et al. Direct plant

gene delivery with a poly(amidoamine) dendrimer[J]. Biotechnol J, 2008, 3: 1078-1082.

- [13] Liu J, Wang F H, Wang L L, et al. Preparation of fluorescence starch-nanoparticle and its application as plant transgenic vehicle [J]. Journal of Central South University of Technology, 2008, 15(6):768-773.
- [14] 宋瑜,李颖,崔海信,等.两种阳离子纳米基因载体及植物基因介导效果的研究[J].生物技术通报,2009(6):75-80.