

生物炭与微生物菌肥协同对苜蓿生长及土壤性状的影响

董亮^{1,2} 李丽霞⁴ 王璐^{2,3} 贾曦^{2,3} 刘兆辉^{1,2*} 周永⁵

1 养分资源高效利用全国重点实验室

2 山东省农业科学院农业资源与环境研究所

3 东营黄河三角洲现代农业研究中心

4 东营市农业科学研究院

5 平原县张华镇农业技术推广站

DOI:10.12238/as.v8i5.3006

[摘要] 通过田间试验,研究了生物炭与微生物菌肥联合作用在苜蓿上的应用效果。结果表明,与农民习惯相比,生物炭、微生物菌肥单施及生物炭和微生物菌肥协同处理均表现出优势。其中,以生物炭和微生物菌肥协同处理的综合效果最好,该处理下苜蓿产量及品质最佳,较对照增产27.67%、粗蛋白增加6.91%。土壤pH降低0.49个pH单位,有机质提高0.5g/kg,盐分降低0.11g/kg,增加土壤中细菌、真菌和放线菌数量,分别增加 3.25×10^8 个/g、 3.51×10^6 个/g、 1.94×10^7 个/g,能显著改善土壤理化性状和生物学性状。

[关键词] 生物炭; 微生物菌肥; 牧草; 苜蓿

中图分类号: S54 文献标识码: A

Effects of Biochar Combined with Microbial Fertilizer on Alfalfa Growth and Soil Properties

Liang Dong^{1,2} Lixia Li⁴ Lu Wang^{2,3} Xi Jia^{2,3} Zhaohui Liu^{1,2*} Yong Zhou⁵

1 National Key Laboratory of Efficient Utilization of Nutrient Resources

2 Institute of Agricultural Resources and Environment, Shandong Academy of Agricultural Sciences

3 Dongying Yellow River Delta Modern Agriculture Research Center

4 Dongying Academy of Agricultural Sciences

5 Zhanghua Town Agricultural Technology Extension Station, Pingyuan County

[Abstract] A field experiment was conducted to study the application effects of biochar combined with microbial fertilizer on alfalfa. The results showed that compared with farmers' conventional practices, single application of biochar or microbial fertilizer, and their combined treatment all exhibited advantages. Among them, the combined treatment of biochar and microbial fertilizer had the best comprehensive effect, with the highest yield and quality of alfalfa. Compared with the control, the yield increased by 27.67%, and the crude protein content increased by 6.91%. The soil pH decreased by 0.49 units, soil organic matter increased by 0.5 g/kg, soil salt content decreased by 0.11 g/kg, and the numbers of bacteria, fungi, and actinomycetes in the soil increased by 3.25×10^8 cells/g, 3.51×10^6 cells/g, and 1.94×10^7 cells/g, respectively. This treatment significantly improved soil physical and chemical properties and biological characteristics.

[Key words] biochar; microbial fertilizer; forage; alfalfa

引言

盐碱地是地球陆地上分布广泛的一种土壤类型,目前,全球盐碱地面积约 1.1×10^9 hm²,约占地球总面积的8.7%,仅在我国,盐碱地面积就有 9.9×10^7 hm²。山东是我国盐碱地面积较大的省份之一,有滨海盐碱地和内陆盐碱地两大类型,其滨海盐碱地主要分布在黄河三角洲地区。黄河三角洲地区濒临渤海

湾及莱州湾,土地资源丰富,由于受气候条件、土壤母质、海水以及沉积环境等影响,该区域盐渍化土壤分布广泛,是我国重要的后备土地资源,具有较大的开发潜力^[1]。随着粮经饲三元种植结构不断调整,黄河三角洲地区的牧草产业迅速发展,牧草栽培面积日益扩大^[2],但土壤盐渍化严重影响了该地区牧草的生产力。

生物炭是农林废弃物等生物质在缺氧或无氧条件下经热裂解形成的稳定、高度芳香化的富碳产物,丰富的孔隙结构不仅为微生物生长繁殖提供良好场所,其巨大的比表面积和表面能还可促进土壤团聚体形成、减少养分流失、减缓盐分胁迫,被广泛应用于土壤改良^[3]。经研究,不仅改善土壤养分和结构状况,还能促进作物生长和产量提高^[4]。盐碱地因盐分胁迫的原因导致土壤中微生物活性差,间接导致土壤养分供应能力弱,而微生物菌肥作为一种新型肥料,由于其富含多种活性微生物而被应用广泛,通过微生物的生命活动改良土壤理化和生物学性状,从而充分发掘土壤的潜在肥力。

本研究通过田间试验,研究生物炭与微生物菌肥协同施用对黄河三角洲盐渍化土壤的牧草产量、品质及土壤相关性状的影响,以期为黄河三角洲盐碱地区牧草土壤产能提升提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试肥料

生物炭为市售玉米秸秆生物炭,微生物菌肥(有益活菌数 ≥ 5 亿/g)。

1.2 供试作物

紫花苜蓿,品种为中苜一号。

1.3 供试土壤

试验地点位于东营黄河三角洲现代农业研究中心的盐碱地农业综合科研试验基地。供试土壤的基本理化性状如下:土壤pH值8.10,有机质含量11.5g/kg,碱解氮含量25.98mg/kg,盐分含量1.59g/kg,土壤容重1.39g/cm³。

1.4 试验设计

试验共设4个处理,每个处理重复3次。具体试验处理如下:

(1)T1对照处理,农民习惯施肥,15-15-15复合肥40kg/亩;(2)T2生物炭处理,习惯施肥减量15%基础上增施生物炭,即施用15-15-15复合肥34kg/亩、生物炭200kg/亩;(3)T3微生物菌肥处理,习惯施肥减量15%基础上增施微生物菌肥,即施用15-15-15复合肥34kg/亩、微生物菌肥40kg/亩;(4)T4生物炭+微生物菌肥处理,习惯施肥减量15%基础上增施生物炭和微生物菌肥,即施用15-15-15复合肥34kg/亩、生物炭200kg/亩、微生物菌肥40kg/亩。

1.5 试验方法

试验于2023年4月开始。按照试验设计进行施肥,田间管理同农民日常管理,分别于4月份、10月份施肥,全年刈割2次,刈割时留茬5cm,分别在2023年5月份和2023年8月份测产。

1.6 测定指标及方法

牧草产量与品质测定:每个重复取1m²样方,称量并记录鲜重,置于105℃烘箱中杀青,调温烘干至恒重,测定含水量,计算干重。风干样用粉碎机粉碎,用0.45mm网筛筛滤;利用凯氏定氮法测定苜蓿中粗蛋白质含量。

土壤理化性状测定:土壤有机质含量采用重铬酸钾-硫酸滴定法,pH值利用酸度计进行测定,盐分利用重量法测定。微生

物采用平板计数法测定:土壤细菌培养基采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基;真菌采用马丁氏培养基;放线菌采用改良高氏1号培养基。

2 结果与分析

2.1 生物炭与微生物菌肥对土壤理化及生物学性状的影响

表1 生物炭与微生物菌肥对苜蓿土壤理化性状的影响

处理	pH	有机质 g/kg	盐分 g/kg	容重 g/cm ³	细菌× 10 ⁶ 个/g	真菌× 10 ⁶ 个/g	放线菌 ×10 ⁶ 个/g
对照	7.97	11.6	1.61	9.50	9.50	5.90	10.40
生物炭	7.52	12.0	1.52	11.71	11.71	6.42	11.73
微生物菌肥	7.59	11.8	1.54	12.53	12.53	7.90	12.11
生物炭+微生物菌肥	7.48	12.1	1.50	12.75	12.75	9.41	12.34

盐碱地施入生物炭与微生物菌肥后,能明显改善土壤性状。由表1可以看出,与对照相比,从pH来看,分别降低0.45、0.38、0.49个pH单位;从有机质来看,分别提高0.4、0.2、0.5g/kg;从盐分来看,分别降低0.09、0.07、0.11g/kg。

施入生物炭及微生物菌肥对土壤中微生物数量也产生明显影响。与对照相比,从细菌数量来看,分别增加2.21×10⁸个/g、3.03×10⁸个/g、3.25×10⁸个/g;从真菌数量来看,分别增加0.52×10⁶个/g、2.0×10⁶个/g、3.51×10⁶个/g;从放线菌数量来看,分别增加1.33×10⁷个/g、1.71×10⁷个/g、1.94×10⁷个/g。

2.2 生物炭与微生物菌肥对苜蓿周年产量的影响

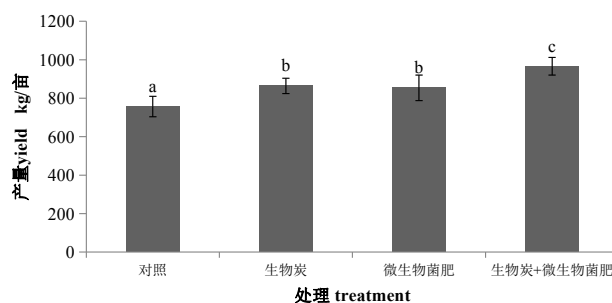


图1 生物炭与微生物菌肥协同对苜蓿干草产量的影响

由图1可以看出,与对照相比,生物炭、微生物菌肥、生物炭+微生物菌肥处理下,苜蓿周年产量增加,增幅分别为14.17%、12.79%、27.67%。说明,生物炭和微生物菌肥施入盐碱地后,能促进作物生长和产量的提高。生物炭与微生物菌肥对土壤理化性状的影响也能解释其对苜蓿产量的增产效应。并且经多重分析比较看出,生物炭与微生物菌肥配施效果优于生物炭、微生物菌肥单施,差异达显著性水平($F=5.4^{**}$)。

2.3 生物炭与微生物菌肥对苜蓿粗蛋白的影响

粗蛋白是评价牧草营养价值的重要指标,是饲料中的重要营养物质,在动物生长和发育过程中是不可缺少的营养成分。由表3可以看出,与对照相比,生物炭、微生物菌肥、生物炭+微生

物菌肥处理下苜蓿的粗蛋白含量均有明显增加,对于苜蓿来说,增幅分别为4.90%、6.41%、6.91%。

表3 生物炭与微生物菌肥对苜蓿粗蛋白含量的影响

处理	苜蓿粗蛋白含量(%)
对照	15.92±0.1
生物炭	16.70±0.3
微生物菌肥	16.94±0.3
生物炭+微生物菌肥	17.02±0.2

3 讨论与结论

关于如何提高盐碱地土壤肥力,利用有效的培肥条件来创造良好的土壤环境是众多学者关注的焦点。其中,基于农业废弃物资源化利用而制备的生物炭应用于土壤改良,近年来成为热点,也得到广泛应用^[5]。但单施生物炭改良功能较单一,因此,以生物炭复配其他功能性材料对沃化盐碱地土壤耕层的效应具有重要意义。鉴于盐碱地土壤胁迫严重导致土壤中微生物活性差,所以本研究以生物炭复配微生物菌肥,以期通过有机物料输入为微生物提供了充足的能源物质和适宜的生存环境,使土壤微生物多样性和群落结构发生变化,进而增强土壤的生态功能。

研究发现,生物炭和微生物菌肥协同能显著增加苜蓿产量,较对照增产27.67%,苜蓿粗蛋白含量增加6.91%。生物炭和微生物菌肥输入显著改善了土壤肥力环境,改变了土壤中细菌、真菌和放线菌数量结构,且协同施用优于单施。因此,生物炭与微生物菌肥协同能显著提升盐碱地牧草土壤质量与产能。

[基金项目]

十四五国家重点研发计划课题“黄河三角洲不同盐渍化程度耕地质量与产能提升技术集成及综合技术模式构建”(课题编号2021YFD1900903)山东省重点研发计划(盐碱地草牧业科技示范工程)课题“盐碱地牧草土壤肥沃耕层快速构建及产能提升关键技术模式”(课题编号:2021SFGC0301)。

[参考文献]

[1]张京磊,吴波,王国良,等.黄河三角洲盐碱地不同青贮玉米品种的适宜性评价[J].中国农业大学学报,2024,29(09):15-23.
[2]窦晓慧,李红丽,盖文杰,等.牧草种植对黄河三角洲盐碱土壤改良效果的动态监测及综合评价[J].水土保持学报,2022,36(06):394-401.

[3]张进红,吴波,王国良,等.生物炭对盐渍土理化性质和紫花苜蓿生长的影响[J].农业机械学报,2020,51(8):285-294.

[4]隋阳辉,高继平,王延波,等.氮肥配施生物炭对旱地土壤养分和玉米根系径级分布的影响[J].生态环境学报,2021,30(10):2026-2032.

[5]MENGJ, LI W J, QIU Y B, et al. Responses of soil microbial communities to manure and biochar in wheat cultivation of a rice-wheat rotation agroecosystem in East China[J].Pedosphere, 2023,33(6):893-904.

作者简介:

董亮(1979--),女,汉族,山东安丘人,硕士研究生,副研究员,主要从事土壤培肥改良与废弃物资源化循环利用方面的工作。

*通讯作者:

刘兆辉(1962--),男,汉族,山东鄄城人,博士,二级研究员,主要从事植物营养与养分管理理论和技术研究。