

绿肥与促生菌对甘薯连作土壤的改良研究

王乾坤¹, 刘全兰^{1*}, 卢永忠¹, 张晓冬²

(1. 青岛科技大学海洋科学与生物工程学院, 山东青岛 266042; 2. 山东省农业科学院农作物种质资源研究所, 山东济南 250100)

摘要 以甘薯连作土壤为材料, 以箭筈豌豆、毛叶苕子为绿肥, 以4种促生菌作为微生物菌剂, 研究种植绿肥并翻压及施用促生菌前后土壤性质的改变。结果表明, 碱解氮含量提升了66.99%, 速效磷含量提升了12.20%, 速效钾含量提升了133.66%, pH降低0.65。由此可见, 绿肥作物和促生菌对甘薯连作土壤各项性质均具有良好的改良效果。

关键词 绿肥; 促生菌; 连作障碍; 理化性质

中图分类号 S156 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)21-0153-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.21.036



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Improvement of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Continuous Cropping Soil by Green Manure and Growth Promoting Bacteria

WANG Qian-kun, LIU Quan-lan, LU Yong-zhong et al (College of Marine Science and Biological Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266042)

Abstract *Vicia sativa* L. and *Vicia villosa* Roth were used as green manure and four kinds of growth promoting bacteria were used as microbial agents. The properties of sweetpotato continuous cropping soil were studied before and after planting *Vicia sativa* L. and *Vicia villosa* Roth and applying growth-promoting bacteria. It was found that the content of AN, AP and AK increased by 66.99%, 12.20%, 133.66%, respectively. And the pH decreased by 0.65. It can be seen that green manure crops and growth-promoting bacteria have a good improvement effect on soil properties.

Key words Green manure; Promoting bacteria; Successive cropping obstacle; Physical and chemical properties

甘薯 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] 是甘薯属一年、多年生双子叶植物, 在粮食和工业的加工原料中均占据不可或缺的地位。据统计, 2018年我国甘薯种植面积为237.93万hm², 占世界种植甘薯面积的29.0%^[1]。甘薯在青岛的常年种植面积为2万hm², 居于第三位, 是青岛地区重要的粮食作物^[2]。近年来, 随着甘薯种植面积越来越大, 重茬所引起的连作障碍成为制约众多甘薯种植区域生产的一个重要元素^[3]。连作障碍的产生是众多影响因素的共同作用, 其中包括种植农作物的品种、所种植土壤本身属性特征以及种植地区的环境状况等。截至目前, 普遍认为形成连作障碍的主要原因是土壤养分的亏空或失调、土壤自身环境的失衡以及前茬农作物的残留物所引发的有害作用^[4-6]。

甘薯连作会导致病虫害加重、产量下降以及质量变差, 而轮作绿肥则可以有效减缓甘薯重茬所引发的连作障碍^[7]。溶磷、解钾的促生菌菌剂可以将土壤中N、P、K等变为溶解性更好的, 使其在土壤中的含量得到有效提高^[8-9]。绿肥能够增强土壤肥力, 属于一种能够很好改良土壤质量的植物, 而且绿肥大多数是在本地生长以及翻压, 基本上不会造成任何因运输而产生的消耗。翻压后的绿肥可以在促生菌菌剂、土壤本身存在的微生物等的共同影响下被分解, 在分解的过程中会伴随营养养分的释放, 绿肥体内本身的N、P、K等元素均被释放出来, 以供后茬作物的吸收利用。目前, 利用绿肥和促生菌双重改良甘薯连作种植土壤的研究较少。

为了改良甘薯土壤质量、缓解甘薯连作现象, 笔者以山东省青岛市黄岛区六旺镇殷家小庄的甘薯种植地为试验地, 通过种植箭筈豌豆、毛叶苕子和喷洒促生菌对土壤进行改良, 并比较改良土壤和对照土壤的pH、速效钾、速效磷、碱解氮指标, 分析土壤改良后土壤特性的变化, 为甘薯种植的可持续性发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验基地为山东省青岛市黄岛区六旺镇殷家小庄(119°46'E, 35°59'N), 试验土壤已经连续种植3年甘薯, 试验田出现了连作障碍, 主要表现为产量下降。该地区属于暖温带半湿润大陆性气候, 年平均气温12.5℃, 降水量696.6mm, 年无霜期平均200d。土壤为黄壤土, 甘薯为一年一熟种植作物。试验挑选的2个绿肥品种分别是箭筈豌豆、毛叶苕子, 植物促生菌为QW1、QW2、QW3、QW4, 利用上述绿肥和植物促生菌对土壤进行综合改良。设置2个处理, 一个为土壤改良土(利用上述方法), 一个为原土(不改良, CK)。

1.2 试验方法

1.2.1 促生菌促生性质测定 按照王新南等^[10]方法测定促生性质, 溶无机磷能力用无机磷培养基透明圈法测定; 溶有机磷能力用卵磷脂培养基浑浊圈法测定; 解钾能力用硅酸盐培养基透明圈法测定; 分泌纤维素酶能力用羧基纤维素钠培养基测定。

1.2.2 土壤改良 2020年10月在甘薯收获完全后拔除田间的杂草, 大棚封闭闷棚, 次年2月将大棚土壤进行深耕, 深翻20~25cm。处理①(CK)不种植任何作物。处理②土壤深耕完成后将箭筈豌豆、毛叶苕子种子进行间播, 播种量均为1125kg/hm², 并于4月在绿肥作物上喷洒4种混合促生菌, 喷洒量为300kg/hm², 之后通过刈割机和翻土机将绿肥

基金项目 青岛西海岸新区2021年科技攻关“揭榜制”专项; 国家现代农业产业技术体系资助(CARS-22)。

作者简介 王乾坤(1997—), 女, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究方向: 微生物资源开发与应用。*通信作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事小分子酸的生物代谢、分子生态学研究。

收稿日期 2021-11-18

作物刈割并翻压于土壤。每个处理重复3次。

1.2.3 土壤采集。于2021年在试验田中每个处理随机进行取样,取样深度为0~20 cm,平铺在硬纸板上放置于通风室内进行阴干,剔除石块和动植物残体。在土壤风干至半干时,碾碎大样土块,防止土样完全干燥后难以磨碎,同时,通风室内需要防止其他物质的污染,如灰尘、NH₃等物质。土样研磨过筛后均匀混合。

1.2.4 土壤理化性质测定。参照鲍士旦^[11]的方法,烘干法测定水分含量;pH计法测定(水土比为2.5:1)pH;扩散法测定碱解氮含量;0.03 mol/L 氯化铵-0.025 mol/L 氯化氢法测定速效磷含量;乙酸铵浸提-火焰分光光度法测定速效钾含量。

1.3 数据处理 试验数据用Excel 2019软件整理,用Graph-Pad Prism 7.0软件进行数据分析、t检验分析($P < 0.05$)并作图。

2 结果与分析

2.1 促生菌的生理特性 由表1可知,促生菌QW1有溶无机磷、分泌纤维素酶能力,QW2有溶无机磷、解钾、分泌纤维素酶能力,QW3有溶有机磷、分泌纤维素酶能力,QW4有解钾、分泌纤维素酶能力,其中QW2的溶无机磷、解钾能力最高,QW3的溶有机磷、分泌纤维素酶能力最高。4种促生菌组合拥有良好的促生特性,有助于促进绿肥植株在刈割伏地后的分解进程,有助于加快土壤中的N、P、K的分解进程。

表1 促生菌的生理特性

菌株编号 Strain No.	溶解圈直径 Diameter of dissolving circle			
	溶无机磷能力	溶有机磷能力	解钾能力	分泌纤维素酶能力
QW1	1.20±0.00	0	0	3.63±0.12
QW2	1.40±0.10	0	2.33±0.29	3.70±0.20
QW3	0	1.50±0.10	0	4.00±0.10
QW4	0	0	1.12±0.07	1.15±0.05

2.2 改良对土壤pH的影响 绿肥翻压还田且喷洒菌剂可以显著降低土壤的pH,改良后的pH显著($P < 0.001$)低于改良前,此结果与邓小华等^[12]的研究结果相同。绿肥种植前土壤pH为6.89,翻压还田后土壤pH降低为6.24,降低0.65(表2)。

2.3 改良对土壤速效养分的影响 由表2可知,绿肥翻压还田且喷洒菌剂可以显著提高土壤碱解氮、速效磷、速效钾的含量。改良后的碱解氮含量显著($P < 0.0001$)高于改良前,此结果与邓小华等^[12]、李正等^[13]的研究结果一致。改良前的碱解氮含量为45.127 mg/kg,改良后的含量为75.359 mg/kg,改良后的碱解氮含量增幅为66.99%,增幅高于邓小华等^[12]的1.50%~23.70%和李正等^[13]的6.82%~21.46%。根瘤菌的固氮能力使得豆科绿肥的氮含量比其他绿肥品种更高,因此翻压对土壤氮含量的提高效果更为优良。

改良后的速效磷含量显著($P < 0.05$)高于改良前,此结

果与董绘阳等^[14]的研究结果一致。改良前速效磷含量为63.036 mg/kg,改良后速效磷含量为70.725 mg/kg,改良后速效磷含量的增幅为12.20%,增幅低于董绘阳等^[14]的35.09%。绿肥翻压还田能够直接供给磷元素,还可以通过促生菌菌剂的解磷能力等方式使土壤中难以利用的磷元素得到良好的应用。

表2 绿肥还田及添加菌剂对土壤pH和速效养分含量的影响

Table 2 Effects of returning green manures to the field and using bacteria on soil pH and available nutrients

组别 Group	pH	碱解氮 Alkali hydrolyzed nitrogen mg/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
对照	6.89	45.127	63.036	69.067
处理	6.24***	75.359****	70.725*	161.382****

注:*表示在0.05水平差异显著;**表示在0.001水平差异显著;***表示在0.0001水平差异显著

Note:* indicated significant difference at 0.05 level; ** indicated significant difference at 0.001 level; *** indicated significant difference at 0.0001 level

改良后的速效钾含量显著($P < 0.0001$)高于改良前,此结果与李正等^[13]研究结果一致。改良前的速效钾含量为69.067 mg/kg,改良后含量为161.382 mg/kg,改良后速效钾含量的增幅为133.66%,高于李正等^[13]的40.02%~85.44%。豆科拥有十分复杂、强壮的根,可以较好地活化土壤自身含有的钾元素,而且通过促生菌菌剂的解钾能力可以活化土壤中难以利用的钾元素并加以利用。

3 讨论

绿肥植物可以富集农作物生长所需的多种养分,有营养成分齐全、肥效稳定且持久等优良特性。肖继梅^[15]研究表明,在连续2年收获后的绿肥改良试验中,种植绿肥处理的土壤与未种植绿肥的土壤相比,碱解氮、速效磷、速效钾的含量有较明显的提高。石屹等^[16]研究表明,籽粒苋改良后的土壤速效磷、速效钾含量与空白组相比均显著提高。李红燕等^[17]研究表明,油菜改良后的土壤有机质、速效磷和速效钾含量与空白组相比均有显著增长。

溶磷、解钾的植物促生菌可以把土壤中的N、P、K等元素分解为溶解性更好的,产纤维素酶的植物促生菌则可以加快绿肥作物的分解腐化。涂永成^[18]在研究自研的复合微生物菌剂的改良效果时发现,复合菌剂处理可以较好地改良土壤的酸碱度,且土壤的速效养分含量也明显增加。庞宁等^[19]研究复合微生物菌剂对盐碱土改良时发现,复合菌肥组的土壤pH下降了0.92,生物炭基复合菌剂组的速效氮、速效磷、速效钾含量均有明显增加。

该试验结果表明,绿肥翻压前后相比,pH下降0.65,碱解氮增长幅度为66.99%,速效磷增长幅度为12.20%,速效钾增长幅度为133.66%。箭筈豌豆、毛叶苕子2种绿肥作为氮、磷、钾的来源之一,可有效提高土壤中的氮、磷、钾含量,4种促生菌的溶磷、解钾能力也可以有效溶解土壤中难以利用的磷、钾元素。综上所述,该试验的改良措施可以有效改良

土壤的理化性质,从而进一步提高甘薯产量。

在今后很长的时间内,我国农业的重要任务是调整农作物结构,改善农业生态,加强农产品的质量及效益。绿肥与微生物菌剂在这些方面发挥其独有的作用,因此应努力提高理论研究水平,为农业环境的改善作出贡献^[20]。

参考文献

- [1] 王欣,李强,曹清河,等. 中国甘薯产业和种业发展现状与未来展望[J]. 中国农业科学,2021,54(3):483-492.
- [2] 万述伟,刘洪明,赵爱鸿. 青岛市甘薯产业发展现状与对策[J]. 现代农业科技,2016(11):63-66.
- [3] 马洪波,杨苏,李传哲,等. 不同肥料和生物菌剂对重茬甘薯产量及土壤质量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(24):47-49.
- [4] NGUYEN M T,RANAMUKHAARACHCHI S L. Soil-borne antagonists for biological control of bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* in tomato and pepper[J]. Journal of plant pathology,2010,92(2):395-406.
- [5] GUO H,MAO Z Q,JIANG H X, et al. Community analysis of plant growth promoting rhizobacteria for apple trees[J]. Crop protection,2014,62:1-9.
- [6] 胡海军,吴亚男,鄂洋,等. 设施园艺连作障碍研究进展[J]. 安徽农业科学,2016,44(5):49-51.
- [7] 耿士均. 专用微生物肥克服土壤连作障碍及机理的研究[D]. 苏州:苏州大学,2012.
- [8] 汤春梅,陈秀蓉,姚拓,等. 九种根际促生菌最适培养条件初探[J]. 草

(上接第 152 页)

温度、最暖季度降水量、最冷月最低温度及最湿月降水量,各地在预测小蜻蜓尺蛾发生趋势时,可重点参考当地当年的这些因素,通过发生趋势预测模型预测该虫的发生趋势,制定切实有效的防治措施。

MaxEnt 生态位模型是从小蜻蜓尺蛾对基础生态位的需求出发,在寄主植物和非生物环境的特定影响条件下建立的适生模型。实际上如果一个物种无竞争种类存在时,它的生态位的大小只取决于物理因素和食物因素,当有竞争物种天敌或人类活动等干扰因素存在时,该物种生态位空间比它独自占领时要小,只能占据基础生态位的一部分即实际生态位。该研究 MaxEnt 模型仅利用了有限的发生数据、温度、降雨及海拔等相关的环境因子,因此预测得到的适生区与实际虫害的发生区域仍有一定的偏差。即使如此,MaxEnt 生态位模型较好地预测了松材线虫在我国的适生区分布,通过 AUC 参数评估,表明其具有较高的准确性。

原与草坪,2005,25(3):27-30.

- [9] 姚拓,龙瑞军,王刚,等. 兰州地区盐碱地小麦根际联合固氮菌分离及部分特性研究[J]. 土壤学报,2004,41(3):444-448.
- [10] 王新南,罗家豪,郝俊杰,等. 蚕豆幼苗内生固氮菌促生长特性的研究[J]. 中国农业科技导报,2020,22(6):33-39.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [12] 邓小华,石楠,周米良,等. 不同种类绿肥翻压对植烟土壤理化性状的影响[J]. 烟草科技,2015,48(2):7-10,20.
- [13] 李正,敬海霞,解昌盛,等. 翻压绿肥对植烟土壤理化性状及烤烟常规化学成分的影响[J]. 华北农学报,2012,27(S1):275-280.
- [14] 董绘阳,张家韬,董鹏飞,等. 绿肥对烟草品质及烟田土壤性质的影响[J]. 陕西农业科学,2014,60(1):10-12.
- [15] 肖继梅. 绿肥聚奎免耕对土壤耕层养分及玉米生育期性状的影响[J]. 土壤肥料,2000(6):39-41.
- [16] 石屹,计玉,姜鹏超,等. 富钾绿肥籽粒苋对夏烟烟叶品质的影响研究[J]. 中国烟草科学,2002,23(3):5-7.
- [17] 李红燕,胡铁成,曹群虎,等. 旱地不同绿肥品种和种植方式提高土壤肥力的效果[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(5):1310-1318.
- [18] 涂永成. 干旱矿区复合微生物菌肥土壤改良实验研究[D]. 徐州:中国矿业大学,2015.
- [19] 庞宁,张雪,刘俊清,等. 复合微生物菌剂在苏打盐碱土改良中的应用[J/OL]. 吉林农业大学学报,2021-07-23[2021-08-25]. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2021.1252>.
- [20] 曹卫东,包兴国,徐昌旭,等. 中国绿肥科研 60 年回顾与未来展望[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(6):1450-1461.

参考文献

- [1] 曹潇,赵丽群,蔡道云,等. 小蜻蜓尺蛾幼虫和蛹的形态特征研究[J]. 现代农业,2014(9):106-108.
- [2] 王焱. 上海林业病虫害[M]. 上海:上海科学技术出版社,2007:209.
- [3] 杜凌,龚才,兰星平,等. 贵州省华山松、马尾松、杉木种子园昆虫名录[J]. 贵州林业科技,1994,22(1):31-38.
- [4] 陈振耀,梁铭球,贾凤龙,等. 广东南岭国家级自然保护区大东山昆虫名录(II)[J]. 生态科学,2001,20(4):42-47.
- [5] 华正媛,王井田,刘剑,等. 衢州市油茶害虫及天敌种类调查[J]. 浙江农林大学学报,2012,29(2):232-243.
- [6] 谭济才,张觉晚,肖能文,等. 湖南省茶树害虫名录[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2003,29(4):296-307.
- [7] 杨航宇,刘艳梅. 麦积山风景区蛾种类调查[J]. 西北农业学报,2009,18(4):121-126.
- [8] PHILLIPS S J,DUDÍK M,SCHAPIRE R E. A maximum entropy approach to species distribution modeling [C]//ICML'04:Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning. New York: ACM Press,2004:83.
- [9] 王运生,谢丙炎,万方浩,等. ROC 曲线分析在评价入侵物种分布模型中的应用[J]. 生物多样性,2007,15(4):365-372.
- [10] 樊婷婷. 7 种中国林业检疫性害虫的适生区预测[D]. 泰安:山东农业大学,2018.