

接种蚯蚓对菜地土壤质量和小白菜品质的影响

武泽璇¹, 龙志远¹, 叶健华², 朱明华³, 孙清³, 赵琦¹

(1. 上海交通大学 农业与生物学院, 上海 200240; 2. 上海浦蔬农业科技
有限公司, 上海 2011003; 3. 闵行区三农综合服务中心, 上海 201100)

摘要: 在设施菜地土壤中接种赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*)与白颈腔蚓(*Metaphire californica*) 30 d后测定土壤有效磷(AP)、速效钾(AK)、硝态氮(NO_3^- -N)、铵态氮(NH_4^+ -N)、有机碳(TOC)和所栽小白菜(*Brassica chinensis*)中可溶性糖、维生素C(VC)、全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)的含量。结果表明,接种赤子爱胜蚓和白颈腔蚓的土壤中AP的含量分别比对照高231%和139%($P < 0.05$);接种赤子爱胜蚓提高了土壤硝态氮含量22.4%($P > 0.05$);接种白颈腔蚓提高了小白菜维生素C含量7.90%。上述结果表明接种赤子爱胜蚓和白颈腔蚓有助于提高土壤中AP和 NO_3^- -N以及小白菜中的维生素C含量。

关键词: 赤子爱胜蚓; 白颈腔蚓; 小白菜; 土壤

中图分类号: S 634.3

文献标识码: A

Effects of earthworm inoculation on qualities of soil and Chinese cabbage (*Brassica chinensis*)

WU Ze-xuan¹, LONG Zhi-yuan¹, YE Jian-hua², ZHU Ming-hua³, SUN Qing³, ZHAO Qi¹

(1. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China;

2. Shanghai Pushu Limited Company, Shanghai 201100, China;

3. Minhang Sannong Integrated Service Center, Shanghai 201100, China)

Abstract: *Eisenia foetida* and *Metaphire californica* were inoculated into greenhouse soil to evaluate their effects on the contents of available phosphorus(AP), available potassium(AK), nitrate nitrogen(NO_3^- -N), ammonium nitrogen(NH_4^+ -N) and total organic carbon(TOC) of the soil and soluble sugar, vitamin C(VC), total nitrogen(TN), total phosphorus(TP) and total potassium(TK) of Chinese cabbage grown in the soil. The results showed that the available phosphorus of soil significantly increased by 231% and 139%($P < 0.05$) after the inoculation of *Eisenia foetida* and *Metaphire californica*. Nitrate nitrogen of soil increased by 22.4%($P > 0.05$) with *Eisenia foetida*. The vitamin C content increased by 7.90%($P > 0.05$) by inoculating *Metaphire californica*. The above results indicated that the inoculation of *Eisenia foetida* and *Metaphire californica* improved the AP and NO_3^- -N of soil and vitamin C of Chinese cabbage.

Key words: *Eisenia foetida*; *Metaphire californica*; Chinese cabbage; soil

收稿日期: 2019-02-20

基金项目: 闵行区科技项目(2016MH287)

作者简介: 武泽璇(1996-), 女, 硕士生, 研究方向: 蚯蚓处理厨余垃圾, email: 429659834@qq.com;

赵琦(1983-)为本文通信作者, 女, 博士生, 副教授, 研究方向: 农业面源污染防控, 蚯蚓分类, 蚯蚓处理废弃物, email: zhaoqi@sjtu.edu.cn

蔬菜是人们日常生活中必不可少的食物,也是重要的经济作物,其品质的好坏关系到人类的健康^[1]。近年来,肥料的过度施用及不合理的灌溉措施,造成了水分及肥料的浪费^[2],同时也引发了设施菜地土壤可持续生产能力降低^[3],土壤氮磷养分过量积累、次生盐渍化^[4-5]、酸化^[6]等一系列问题^[7]。

蚯蚓能疏松土壤,增加土壤有机质并改善结构,被认为是农业治污除臭,变废为肥的重要土壤动物。它可利用自身丰富的酶系统(蛋白酶、脂肪酶、纤维素酶、淀粉酶等)将有机废弃物迅速分解,并转化成易于利用的营养物质^[8]。吴迪等人^[9]研究发现,在番茄-菠菜轮作体系中,赤子爱胜蚓和威廉腔蚓均能提高作物产量,其中赤子爱胜蚓显著地提高了番茄果实和菠菜叶片中可溶性糖和维生素 C 含量。2 种蚯蚓显著地增加了土壤累积氧化亚氮和生态系统呼吸的排放。郑宪清等人^[10]的研究表明,在菜园土中添加威廉腔蚓进行生物耕作,可显著提高微生物群落的活性,生物耕作 3 年可使平均微生物群落活性升高 3~7 倍。耕作年限越长,土壤微生物活性越高。

我国农田常见蚯蚓有威廉腔蚓、白颈腔蚓、桎盲远盲蚓、湖北远盲蚓等,但目前的研究主要集中在易繁殖的赤子爱胜蚓上。白颈腔蚓是上海农田地区的常见物种,但是关于白颈腔蚓对菜地土壤质量以及蔬菜品质的研究还鲜有报道。因此,本研究以赤子爱胜蚓和白颈腔蚓为研究对象,研究其对菜地土壤质量和小白菜品质的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

赤子爱胜蚓(*Eisenia foetida*)购买于江苏省句容市王军蚯蚓养殖公司,白颈腔蚓(*Metaphire californica*)挖掘于上海交通大学农业与生物学院小白楼。小白菜种子、土壤和有机肥均由上海浦蔬农业科技有限公司提供。土壤理化性质如下:pH 8.50,有机碳(TOC) 35.5 g/kg,全氮(TN) 1.7 g/kg,全磷(TP) 16.5 g/kg,全钾(TK) 16.9 g/kg,铵态氮(AN) 0.215 g/kg,有效磷(AP) 0.102 g/kg,速效钾(AK) 0.27 g/kg。

1.2 试验设计

本试验共设 3 个处理,每个处理均设 3 个重复。每个种植箱(40 cm×40 cm×18 cm)内装入干土

15 kg。CK 处理不接种蚯蚓,赤子爱胜蚓处理接种性成熟(有环带)的赤子爱胜蚓,白颈腔蚓处理接种性成熟(有环带)的白颈腔蚓。接种密度分别为赤子爱胜蚓 800 条/m³,白颈腔蚓 174 条/m³。种植之前撒播 100 g 有机肥作为基肥一次性施用,之后不添加任何化肥或追施肥料,小白菜种植的株距为 8 cm,行距为 15 cm。保持土壤湿度为 70%±5%,土壤温度为 25±2 °C。30 d 后,测定土壤的理化性质与小白菜的品质。

1.3 土壤及小白菜各类指标检测方法

1.3.1 测定方法

土壤样品在自然状态下风干,取适量样品研磨后过筛;小白菜样品采集后放入-20 °C 冰箱冷冻,留待分析。

1.3.2 样品测试项目及方法

采用重铬酸钾法测定有机碳含量^[11];采用分光光度法测定全钾、全磷、有效磷、铵态氮及硝态氮含量^[11];凯氏定氮法测定全氮含量^[11];直接滴定法测定还原性糖含量^[12];2,6-二氯靛酚滴定法测定维生素 C 含量^[11]。

1.3.3 数据分析方法

数据经 Excel 整理后用 SPSS 16.0 进行单因素方差分析(one-way ANOVA),显著水平为 $\alpha=0.05$ ^[13]。

2 结果与分析

2.1 蚯蚓对菜地土壤化学指标的影响

表 1 显示赤子爱胜蚓处理中土壤的硝态氮、有效磷和有机碳含量分别高于 CK 22.4%、231% 和 10.5%,且有效磷含量差异显著($P<0.05$)。白颈腔蚓处理中土壤的指标除有效磷高于 CK 39%外,其他指标都低于 CK。接种赤子爱胜蚓和白颈腔蚓处理组与空白对照相比铵态氮含量分别下降了 12.7% 和 33.6%,差异不显著。

2.2 接种蚯蚓对小白菜营养指标的影响

表 3 表明赤子爱胜蚓和白颈腔蚓的小白菜营养指标与 CK 均无显著性差异。除了白颈腔蚓的小白菜全磷和维生素 C 分别高于 CK 0.10% 和 7.90% ($P>0.05$)外,赤子爱胜蚓和白颈腔蚓中其余营养指标均低于 CK。赤子爱胜蚓和白颈腔蚓处理中小白菜可溶性糖含量与 CK 相比分别降低 5.30% 和 25.3%。赤子爱胜蚓和白颈腔蚓处理中小白菜全钾含量分别低于 CK 15.9% 和 6.20%。

表1 土壤中有有机碳,有效磷,硝态氮和铵态氮的变化

Tab. 1 Changes of TOC, AP, NO₃⁻-N and NH₄⁺-N in soil

| 处理 Treatment | 有机碳/(g·kg ⁻¹) TOC | 有效磷/(g·kg ⁻¹) AP | 硝态氮/(g·kg ⁻¹) NO ₃ ⁻ -N | 铵态氮/(g·kg ⁻¹) NH ₄ ⁺ -N |
|--------------|-------------------------------|------------------------------|---|---|
| CK | 34.3±1.00a | 37.2±6.80b | 201±54.0a | 142±21.0a |
| 赤子爱胜蚓 | 37.8±1.60a | 123±4.80a | 246±37.0a | 124±60.0a |
| 白颈腔蚓 | 33.9±2.90a | 89.0±8.30ab | 184±37.0a | 94.3±42.0a |

注:表中数据为平均值±标准差,同一列不同字母表示彼此差异显著($P<0.05$),下同。

Note: The data in the table are mean±standard deviation, and the different letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$). The same as below.

表2 小白菜中可溶性糖、维生素C、全氮、全磷和全钾的变化

Tab. 2 Changes of soluble sugar, VC, TN, TP and TK in Chinese cabbage

| 处理 Treatment | 可溶性糖/(g·kg ⁻¹) Soluble sugar | 维生素C/(g·kg ⁻¹) Vitamin C | 全氮/(g·kg ⁻¹) TN | 全磷/(g·kg ⁻¹) TP | 全钾/(g·kg ⁻¹) TK |
|--------------|--|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| CK | 3.20±0.85a | 19.1±12.0a | 0.37±0.036a | 732±113a | 5.49×10 ³ ±595a |
| 赤子爱胜蚓 | 3.03±1.10a | 15.1±5.20a | 0.36±0.015a | 662±117a | 4.62×10 ³ ±405a |
| 白颈腔蚓 | 2.39±0.55a | 20.6±4.40a | 0.35±0.049a | 733±95.0a | 5.15×10 ³ ±1.14×10 ³ a |

3 讨论

本研究结果表明,接种蚯蚓后土壤中有有效磷含量显著高于空白对照,这与 Basker^[14] 研究结果一致,蚯蚓活动能提高土壤磷素养分的有效态。蚯蚓作用后,有利于磷等养分转化为植物可利用态。刘德辉等^[15] 在通过人工接种蚯蚓对红壤磷有效性研究中发现,在有机物料和蚯蚓的共同作用下,土壤中有有效磷含量增加,总的趋势是促进土壤中植物难以利用的磷形态向植物可利用的磷形态转化,说明蚯蚓活动可以改变土壤磷素的有效性。此外,接种赤子爱胜蚓后土壤中有有效磷、有机碳、硝态氮含量都不同程度提高,这可能与土壤有效磷效率与土壤有机质和有效氮呈显著的直线正相关有关^[16]。王霞等人^[17] 在研究中发现,蚯蚓对土壤硝态氮含量的影响极为显著($P<0.001$),且硝态氮含量随着培养时间的延长而不断增加,土壤硝态氮与土壤铵态氮呈极显著负相关关系($P<0.001$)。本研究也表明,接种赤子爱胜蚓处理的土壤硝态氮含量高于对照,接种2种蚯蚓的土壤铵态氮含量均低于空白对照。

对于小白菜的营养指标,无论是接种赤子爱胜蚓还是白颈腔蚓,小白菜的可溶性糖含量均呈下降趋势,但差异不显著。吴迪等人^[9] 的研究发现,赤子爱胜蚓显著提高了小白菜可溶性糖和维生素C含量,而威廉腔蚓对小白菜品质则无显著影响,由于威廉腔蚓与白颈腔蚓的生物量都大于赤子爱胜蚓,所以推测出小白菜的可溶性糖和维生素C或许与蚯

蚓的生物量或者是不同蚯蚓的取食习惯相关。本试验的白颈腔蚓与赤子爱胜蚓对小白菜的品质都未达到显著影响,这可能与有机物料的种类相关,或者是短期内蚯蚓的活动会增大小白菜可溶性糖的消耗量,导致其含量减少。

全氮、全磷、全钾对植物的生长发育有着重要的作用,其中氮被称为生命元素。蚯蚓对蔬菜品质的改善可能包括两个方面,一是蚯蚓粪富含营养物质,能够提高蔬菜的营养物质含量;二是蚯蚓的活动会改变土壤中微生物群落结构,从而间接促进蔬菜对土壤中营养物质的吸收。于跃跃等人^[18] 关于施用蚯蚓粪对草莓生长和土壤肥力的影响研究发现,蚯蚓粪没有显著增加草莓鲜果全氮、磷、钾养分含量。本研究结果表明,赤子爱胜蚓与白颈腔蚓处理小白菜的全氮、全磷、全钾含量均低于空白对照组。这是由于蚯蚓肠道微生物的取食偏好不同,堆肥前期会首先分解全氮全磷,使得其含量降低;除此之外,蚯蚓可以富集环境中的钾^[19],使得全钾含量降低。

4 结论

接种赤子爱胜蚓能够提高土壤中有有机碳(3.29%, $P<0.05$)、硝态氮(22.4%, $P<0.05$)和有效磷(232%, $P<0.05$)的含量,接种白颈腔蚓增加了土壤中有有效磷139%($P<0.05$)。短期接种蚯蚓没有显著改变小白菜中全氮、全磷、全钾含量。接种赤子爱胜蚓后,降低了小白菜中可溶性糖(5.3%, $P>0.05$)、维生素C(21.1%, $P>0.05$)的含量。接种白颈腔蚓后小白菜中维生素C含量提高了7.90%($P>0.05$)。

参考文献:

- [1] 李兴平. 白银郊区蔬菜基地土壤金属含量及其污染评价[J]. *河南农业科学*, 2012, 41(6): 80-83.
- [2] 瞿云明. 丽水莲都蔬菜土壤次生盐渍化现状调查[J]. *浙江农业科学*, 2017, 58(12): 2188-2189.
- [3] 杨小振, 张显. 设施栽培西瓜灌溉施肥技术研究进展[R]. 榆林: 全国西瓜甜瓜学术研讨会, 2014.
- [4] 郭文忠, 刘声锋, 李丁仁, 等. 设施蔬菜土壤次生盐渍化发生机理的研究现状与展望[J]. *土壤*, 2004, 36(1): 25-29.
- [5] 沈根祥, 杨建军, 黄沈发, 等. 塑料大棚盐渍化土壤灌水洗盐对水环境污染负荷的研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(1): 124-127.
- [6] 谷端银, 高俊杰, 焦娟, 等. 设施土壤酸化研究现状、产生理及防治措施[J]. *化工管理*, 2016(34): 84-86.
- [7] 李盟军, 艾绍英, 宁建凤, 等. 不同养分管理措施下常年菜地磷、钾养分径流失特征[J]. *农业资源与环境学报*, 2019, 36(1): 33-42.
- [8] 王亚利, 杨光, 熊才耘, 等. 蔬菜废弃物蚯蚓堆肥对小白菜生长的影响[J]. *农业环境科学学报*, 2017, 36(10): 2129-2135.
- [9] 吴迪. 有机物料施用下接种蚯蚓对菜地土壤、作物及环境的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [10] 郑尧清, 范晓芬, 张翰林, 等. 威廉环毛蚓耕作时间对菜田土壤微生物群落多样性及碳代谢特征的影响[J]. *农业资源与环境学报*, 2015, 32(6): 596-602.
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [12] Watanabe Yoko, Fusako Uchiyama, Kiyoko Yoshida. Compositional changes in spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in the summer and in the fall[J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 1994, 62: 889-895.
- [13] 辛未冬. 利用蚯蚓对长春地区两种农业废弃物分解作用研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2006.
- [14] Basker A, Macgregor A N, Kirkman J H. Influence of soil ingestion by earthworms on the availability of potassium in soil: An incubation experiment[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1992, 14(4): 300-303.
- [15] 刘德辉, 胡锋, 胡佩, 等. 蚯蚓活动对红壤磷素主要形态及有效磷含量的影响[J]. *应用生态学报*, 2005(10): 1898-1902.
- [16] 展晓莹, 任意, 张淑香, 等. 中国主要土壤有效磷演变及其与磷平衡的响应关系[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(23): 4728-4737.
- [17] 王霞, 李辉信, 朱玲, 等. 蚯蚓活动对土壤氮素矿化的影响[J]. *土壤报*, 2008(4): 641-648.
- [18] 于跃跃, 王胜涛, 金强, 等. 施用蚯蚓粪对草莓生长和土壤肥力的影响[J]. *中国农学通报*, 2014, 30(7): 219-223.
- [19] 李玉娜, 吴旭, 肖翠珍, 等. 蚯蚓对不同含量油脂的餐厨垃圾的处理[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(31): 252-253.
- [7] Brady M, Kellermann K, Sahrbacher C, et al. Impacts of decoupled agricultural support on farm structure, biodiversity and landscape mosaic: Some EU results[J]. *Journal of Agricultural Economics*, 2009, 60(3): 23-25.
- [8] Volkov A, Melnikienė R. CAP direct payments system's linkage with environmental sustainability indicators [J]. *Public Policy and Administration*, 2017, 16(2): 231-244.
- [9] 杨逢珉, 杨思慧. 扩大中国农产品对荷兰出口的研究——基于二元边际的实证分析[J]. *世界农业*, 2017(4): 151-157.
- [10] 绿心环形城市及其规划与引导方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2006.
- [11] 吴之凌. 城市生态功能区规划与实施的国际经验及启示——以大伦敦地区和兰斯塔德地区为例[J]. *国际城市规划*, 2015, 30(1): 13-17.
- [12] 宋波. 欧盟共同农业政策的改革及其特点[J]. *国际经济合作*, 2003(5): 20-23.
- [13] 谢晓宇. 2003年欧盟共同农业政策改革探析[D]. 上海: 上海师范大学, 2015.
- [14] Statistics Netherlands, 2015. Dutch dairy in figures. - ZuivelNL; <http://www.zuivelnl.org>
- [15] Kovács K, Emvalomatis G. Dutch, Hungarian and German dairy farms technical efficiency comparison [J]. *APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce*, 2011, 5(1-2): 121-128.
- [16] 朱行, 李全根. 欧盟共同农业政策改革及启示[J]. *世界经济与政治论坛*, 2005(1): 16-19.
- [17] Corine L and Cover; <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library>.
- [18] 阳文锐. 北京城市景观格局时空变化及驱动力[J]. *生态学报*, 2016, 35(13): 4357-4366.
- [19] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [20] 程剑桥, 黄国桢. 注重开发我国多功能农业[J]. *上海交通大学学报(农业科学版)*, 2016, 34(2): 64-68.

(上接第126页)