

于 森,池景良. 种植年限对设施土壤微生物熵及生态化学计量特征的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(11):234-237.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.11.034

种植年限对设施土壤微生物熵及生态化学计量特征的影响

于 森,池景良

(辽宁省微生物科学研究院农业微生物研究室,辽宁朝阳 122000)

摘要:为明确辽宁省朝阳地区设施土壤化学计量比特征和微生物量熵随种植年限的变化,解析设施土壤变化规律,为该地区设施农业的可持续提供理论依据,以辽宁省朝阳市喀左县公营子镇番茄种植大棚 0~20 cm 耕层土壤为研究对象,采集种植年限分别为 0、1、5、10、15、20 年以上的土壤样本进行检测分析。结果表明,随着种植年限的增加,土壤碳氮比(SOC 含量/TN 含量)和碳磷比(SOC 含量/TP 含量)在 0~15 年期间始终在下降,在 15~20 年略有回升,氮磷比(TN 含量/TP 含量)呈稳定下降的趋势。土壤微生物量碳氮比(BC 含量/BN 含量)在 10 年达到最低,土壤微生物量的碳磷比(BC 含量/BP 含量)在 15 年最低。土壤微生物量的氮磷比(BN 含量/BP 含量)在 20 年时达峰值。种植年限与 BN 含量/BP 含量呈强正相关,与 TN 含量/TP 含量呈极显著负相关,BC 含量/BN 含量与 BC 含量/BP 含量呈强负相关。朝阳地区设施土壤随着种植年限的增加,存在磷肥使用过量的问题,应合理耕作,减少化肥使用量,保证设施农业的可持续发展。

关键词:种植年限;微生物量熵;生态化学计量比;相关性

中图分类号: S154.36 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)11-0234-04

辽宁省朝阳地区属于典型的半干旱地区,以低山、丘陵为主要地形特征。气候干旱,降雨较少,农事生产活动受到气候条件的较大制约。设施农业以其集约化程度高、产能高效、免受气候、地形等条件制约等诸多特点,逐渐成为一种重要的耕作方式,受到本地农民的认可,其耕作面积逐年增加。随着种植年限的增加,在这种半封闭的生产条件下,棚内的环境呈强湿度、高肥高农药的累积,农户缺乏科学的管理和施肥指导,导致耕层土壤质量出现酸化、盐渍化、养分失衡等情况,土壤微生态环境趋于恶劣等一系列问题^[1-2],间接导致病虫害加剧,使本地设施蔬菜的产量和品质以及农民的收入都受到严重影响。

土壤微生物熵(qMB)是土壤微生物生物量碳、氮、磷占土壤有机碳、全氮、全磷含量的比例,主要受土壤有机质质量和数量的影响,用来反映土壤单

位资源所能支持的微生物生物量^[3]。qMB 可以反映土壤养分及利用效率的差异变化,进而起到预测土壤环境微妙变化的作用^[4]。具体体现在 qMB 越大,该地土壤养分积累就越大,相反则土壤养分损失越大^[5]。qMB 的变化在一定程度上会影响土壤有机质的转化、土壤与微生物养分之间的周转速率以及土壤碳的损失^[6],因此不同生态系统养分的积累与恢复状况可以通过 qMB 来探究^[7]。常被用于预测土壤养分库的细微变化、土壤退化程度监测及其恢复效果评价^[8]。

生态化学计量学(ecological stoichiometry)是一门交叉学科,它结合了生物学、化学和物理学的基本原理,为研究碳(C)、氮(N)、磷(P)等元素在生态系统过程中的变化及动态平衡提供了一种综合方法,土壤养分的可获得性可以通过研究土壤生态化学计量学特征而明了。我国学者对生态化学计量学的研究相对缺乏,已有研究主要集中于植物的变化特征方面^[9-10],对土壤的研究则集中在不同生境的土壤生态化学计量特征,如森林、荒漠等具有明显特征的生境,设施土壤则研究较少,因此本研究选取土壤微生物量熵和土壤化学计量特征作为主要研究对象,分析种植年限对它们的影响以及两者之间的相关性,以期当地的设施农业进行合理耕

收稿日期:2021-08-05

基金项目:辽宁省“兴辽英才计划”(编号:XLYC2002048);辽宁省农业科学院土壤微生物学科建设项目(编号:2019DD154522)。

作者简介:于 森(1982—),女,辽宁朝阳人,硕士,副研究员,主要从事土壤微生态调节研究。E-mail:52638019@qq.com。

通信作者:池景良,研究员,主要从事土壤微生态方面的研究。
E-mail:chijingliang@sina.com。

作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 土样采集

设施农业土壤于 2020 年 7 月 20 日采自辽宁省朝阳市喀喇沁左翼蒙古族自治县六官营子种植大棚, 采样区选取同一园区的蔬菜大棚, 常年栽培番茄, 1 年 2 茬, 土壤理化性质一致, 且不同种植年限的土壤均未换土, 确保整个试验中耕作管理措施以及土壤类型的统一, 其施肥主要以有机肥、蔬菜专用肥为主。试验土样选取 0、1、5、10、15、20 年以上不同种植年限的日光温室, 取样时用内径 2 cm 的土钻取 0~20 cm 土壤, 每个年限用“S”形采样法取 6 钻, 混合均匀, 土样利用四分法进行区分, 混匀的土样分为 2 个部分, 一部分正常保存, 用于分析土壤理化性状, 其余冷藏保存, 用于检测微生物量。

1.2 测定方法

有机碳(SOC)含量的测定采用重铬酸钾容量滴定法; 全磷(TP)含量的测定用浓硫酸-高氯酸消煮, 全氮(TN)含量的测定用浓硫酸消煮, 后期均采用全自动流动分析仪法测定^[11-12]。微生物量碳氮磷含量的测定参照土壤微生物生物量的测定, 以熏蒸提取法进行测定^[13]。

1.3 仪器与设备

AE100S 电子分析天平, JY92-2D 超声波细胞粉碎机, FE20pH 计, MILLIQ-AMILLIPORE 超纯水纯化系统, IFTA7-MAC3 流动分析仪, HYP-340 消化炉, KGN-4C 消化器。

1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS26.0 分析处理, 不同处理间的差异显著性采用 LSD 法检验; 用皮尔逊法进行相关性分析。Microsoft Excel 2016、Origin 2019 进行分

析处理和图表绘制。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限下土壤微生物量熵的变化

从图 1 可以看出, 微生物量碳熵(qMBC)在种植 5 年时最大, 随后呈下降趋势, 说明土壤生态与农事活动在 5 年时达到平衡, 地力最强。而微生物量氮熵(qMBN)随种植年限的增加呈下降趋势, 20 年时有回升。微生物量磷熵(qMBP)则整体一直呈下降趋势。

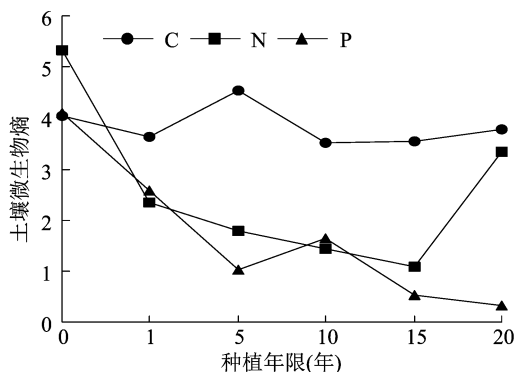


图1 种植年限对土壤微生物量熵的影响

2.2 不同种植年限下土壤养分及微生物量生态学计量特征的变化

从图 2 可以看出, 土壤养分的碳氮比(SOC 含量/TN 含量)和碳磷比(SOC 含量/TP 含量)在 0~15 年期间均随着种植年限的增加呈降低趋势, 在 15~20 年期间略有回升, 氮磷比(TN 含量/TP 含量)整体呈一直下降的趋势。土壤微生物量的碳氮比(BC 含量/BN 含量)在种植 10 年时最低, 土壤微生物量的碳磷比(BC 含量/BP 含量)在种植 15 年时最低, 随后上升。土壤微生物量的氮磷比(BN 含量/BP 含量)在 20 年时因为土壤中的微生物量磷严重下降而呈突然上升的趋势。

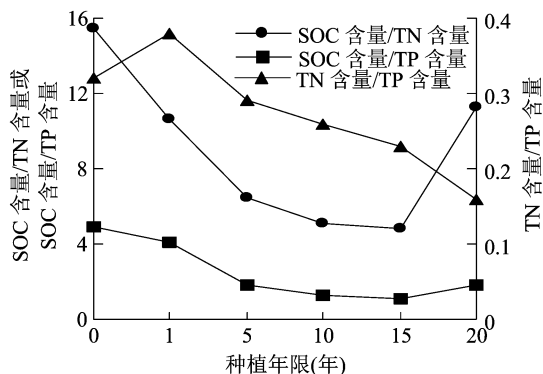
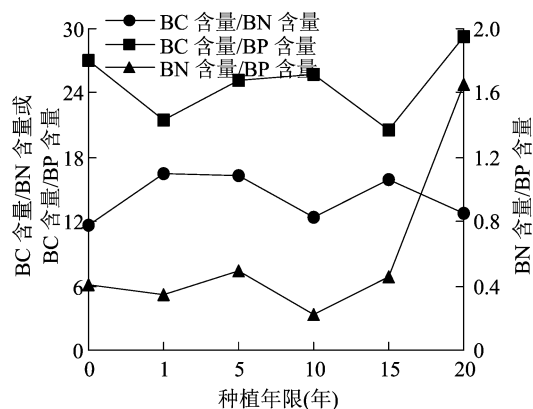


图2 种植年限对土壤养分、微生物量化学计量比的影响



2.3 种植年限与土壤微生物量生态化学计量特征、微生物量熵相关性分析

对于 Person 系数,相关系数 r 在 0.9 以上是极显著相关,在 0.8~0.9 是显著相关,在 0.6~0.8 是强相关,在 0.4~0.6 是中等程度相关,0.2~0.4 是弱相关,在 0~0.2 则是极弱相关或无相关。从表 1 可以看出,种植年限与 BN 含量/BP 含量呈强正相关,与 TN 含量/TP 含量、qMBP 呈显著或极显著负

相关,BC 含量/BN 含量与 BC 含量/BP 含量、qMBN 呈强负相关,BC 含量/BP 含量与 BN 含量/BP 含量呈强正相关,BN 含量/BP 含量与 TN 含量/TP 含量呈强负相关,SOC 含量/TN 含量与 SOC 含量/TP 含量、qMBN、qMBP 呈正相关,SOC 含量/TP 含量与 TN 含量/TP 含量、qMBN、qMBP 呈强正相关,TN 含量/TP 含量与 qMBP 呈强正相关,qMBN 与 qMBP 呈强正相关。

表 1 种植年限与土壤微生物量生态化学计量特征、微生物量熵相关性

指标	相关系数									
	种植年限	BC 含量/ BN 含量	BC 含量/ BP 含量	BN 含量/ BP 含量	SOC 含量/ TN 含量	SOC 含量/ TP 含量	TN 含量/ TP 含量	qMBC	qMBN	qMBP
种植年限	1.000	-0.136	0.218	0.691	-0.393	-0.778	-0.947**	-0.361	-0.347	-0.844*
BC 含量/BN 含量		1.000	-0.762	-0.247	-0.457	-0.170	0.337	0.140	-0.619	-0.336
BC 含量/BP 含量			1.000	0.606	0.460	0.060	-0.453	0.338	0.588	0.043
BN 含量/BP 含量				1.000	0.274	-0.216	-0.730	0.056	0.255	-0.500
SOC 含量/TN 含量					1.000	0.859*	0.261	0.202	0.960**	0.684
SOC 含量/TP 含量						1.000	0.711	0.183	0.776	0.904*
TN 含量/TP 含量							1.000	0.148	0.143	0.740
qMBC								1.000	0.283	0.101
qMBN									1.000	0.683
qMBP										1.000

注: *、** 表示显著、极显著相关。

3 结论与讨论

3.1 不同种植年限对土壤微生物量熵的影响

qMB 可以从微生物学的角度揭示土壤肥力差异,与试验区域所在地农耕制度、土壤类型、农户习惯、管理措施等因素关系密切,其变化范围一般为 0.27%~7.00%,qMB 反映土壤养分及养分利用效率的差异变化,可对土壤生态环境的微妙变化迅速做出预测。本研究中 qMB 的变化与前人的研究结果(1%~5%)^[14-15]一致。农耕活动开始,当地农民习惯施用大量的农家肥对新开垦的大棚进行熟化,极大地活化了土壤中的微生物活动,使其数量和种类得到了极大提高,所以在种植初期,3 个微生物量熵均较高,其中 qMBC 在 5 年时最高,说明土壤的 C 累积与消耗在 5 年时达到平衡状态,之后一直呈下降趋势。而 qMBN 和 qMBP 随着种植年限的增加一直下降则表明土壤中的 N 和 P 的储备库一直在损失。究其原因应该是随着种植年限的增加,施肥量的不断累积,土壤微生物生物量的下降,导致熵值的降低,反映了土壤肥力水平的降低,也侧面

反映了当地设施农业存在施肥过量问题。

3.2 不同种植年限对土壤养分及微生物量生态化学计量特征的影响

赵海燕等认为土壤 C、N、P 生态化学计量比可以作为土壤有机质组成和土壤质量状况以及养分供给能力的重要指标,也可作为土壤 C、N、P 矿化与固持转化的评价指标^[16]。土壤的 SOC 含量/TN 含量比与有机质分解速度成反比^[17],本研究中设施土壤的 TC 含量/TN 含量比随着种植年限的增加呈先下降后上升趋势,表明 15 年之前土壤中有机质的分解速度一直处在较快的状态,而有机质的快速分解,使得微生物得到足够的 N 元素来构成其躯体的重要组成部分,从而加快其繁殖速度^[18]。这也就很好地解释了上文中 qMBC 的变化。土壤有机质的分解速率决定了磷元素的有效性,较低的 SOC 含量/TP 含量是磷有效性高的一个指标。本研究表明种植 20 年时,磷的有效性开始下降。有学者认为 TN 含量/TP 含量可用作氮饱和的诊断指标,被用于确定养分限制的阈值^[19-20],但对比设施土壤并没有相关的研究,本研究中的 TN 含量/TP 含量说明该地

区磷肥的使用量过大,在土壤中累积严重。

设施土壤 BC 含量/BN 含量出现先增高后降低的趋势,说明 SMBC 在 10 年之前处在快速增长阶段。微生物量的 BC 含量/BP 含量和 BN 含量/BP 含量变化基本一致,先下降后上升再下降,在 20 年时出现的增长则是因为 SMBP 的迅速下降导致,推测与磷肥的过量使用导致解磷微生物的活性降低,土壤磷库遭到破坏有关。

3.3 不同种植年限与土壤微生物量生态化学计量特征、微生物量熵相关关系

相关性分析表明种植年限与微生物量生态化学计量比相关性较低,但与 TN 含量/TP 含量、qMBP 呈极显著或显著负相关,说明磷肥施用量累积严重导致 qMBP 下降,磷的利用率也呈下降趋势,高投入并没有得到相应的产出。而多个与磷相关的指标都呈显著相关,是否可以认为磷元素可以被认为是当地设施农业土壤养分的限制元素还需要进一步的研究和认证。

本研究仅针对朝阳地区的设施农业土壤微生物量熵和生态化学计量特征的变化进行了研究。结果表明,朝阳地区的设施土壤磷肥使用过量尤为严重。应多用农家肥,降低化肥施用量,提高土壤微生物的活性,以改良现状,保证当地设施农业的可持续发展。

参考文献:

- [1] 杨园媛,贾圣青,贺晓燕,等. 日光温室土壤养分变化及次生盐渍化程度与种植年限的关系[J]. 中国土壤与肥料,2020(6):83-88.
- [2] 侯格平,甄东升,孙宁科,等. 河西走廊蔬菜日光温室土壤次生盐渍化现状及改良对策[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2018,38(1):48-54.
- [3] Srivastava S C, Singh J S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land - uses and nutrient flux [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1991, 23(2): 117-124.
- [4] Anderson T H. Microbial eco - physiological indicators to asses soil quality[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2003, 98(1/2/3): 285-293.
- [5] Sparling G P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter[J]. Soil Research, 1992, 30(2): 195.
- [6] Liu Y Q, Wei X H, Guo X M, et al. The long - term effects of reforestation on soil microbial biomass carbon in sub - tropic severe red soil degradation areas [J]. Forest Ecology and Management, 2012, 285: 77-84.
- [7] Jia G M, Cao J, Wang C Y, et al. Microbial biomass and nutrients in soil at the different stages of secondary forest succession in Ziulin, Northwest China [J]. Forest Ecology and Management, 2005, 217(1): 117-125.
- [8] 郭颖,李军,张亚亚,等. 我国陆地生态系统土壤·植物生态化学计量学研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(16): 1-6.
- [9] 李玮,郑子成,李廷轩. 不同植茶年限土壤团聚体碳氮磷生态化学计量学特征[J]. 应用生态学报, 2015, 26(1): 9-16.
- [10] 周正虎,王传宽. 生态系统演替过程中土壤与微生物碳氮磷化学计量关系的变化[J]. 植物生态学报, 2016, 40(12): 1257-1266.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [12] 杨剑虹,王成林,代亨林. 土壤农化分析与环境监测[M]. 北京: 中国大地出版社, 2008: 18-75.
- [13] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 土壤微生物量的测定 熏蒸提取法: GB/T 39228—2020[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
- [14] 任天志. 持续农业中的土壤生物指标研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(1): 71-78.
- [15] 唐海明,李超,肖小平,等. 有机肥氮投入比例对双季稻田根际土壤微生物生物量碳、氮和微生物熵的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1335-1343.
- [16] 赵海燕,张剑,刘冬,等. 不同沼泽湿地土壤碳氮磷生态化学计量学特征及其影响因素[J]. 干旱区研究, 2020, 37(3): 618-626.
- [17] 王绍强,于贵瑞. 生态系统碳氮磷元素的生态化学计量学特征[J]. 生态学报, 2008, 28(8): 3937-3947.
- [18] Chapin F S III, Matson P A, Mooney H A. Principles of terrestrial ecosystem ecology[M]. New York: Springer, 2002.
- [19] Güsewell S, Koerselman W, Verhoeven J T A. Biomass N:P ratios as indicators of nutrient limitation for plant populations in wetlands [J]. Ecological Applications, 2003, 13(2): 372-384.
- [20] Tessier J T, Raynal D J. Use of nitrogen to phosphorus ratios in plant tissue as an indicator of nutrient limitation and nitrogen saturation[J]. Journal of Applied Ecology, 2003, 40(3): 523-534.