

DOI:10.11937/bfyy.201709033

不同施肥对土壤微生物量和酶活性的影响

陶梦慧, 索全义, 张曙光, 侯建伟

(内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要:通过无植物盆培养试验,研究施用化肥、有机肥、生物有机肥、化肥与有机肥混合施用、化肥与生物有机肥混合施用、对照处理对土壤中微生物数量和酶活性的影响。结果表明:施用生物有机肥土壤中细菌数量比施用化肥和有机肥处理分别高出 15.5%~43.1%和 3.5%~6.4%;放线菌数量分别高出 58.2%~94.4%和 9.8%~24.8%;真菌数量分别降低 22.8%~59.5%和 8.9%~19.3%。土壤中脲酶活性最高的是生物有机肥和化肥混合施用处理;生物有机肥处理土壤中碱性磷酸酶活性最高,高出有机肥处理 1.6%~37.4%,高出化肥处理 3.2%~38.9%;生物有机肥处理土壤中蔗糖酶活性最高,比有机肥高出 50.9%~292.4%,比化肥高出 67.6%~456.3%;各处理对过氧化氢酶活性影响较小。施用生物有机肥可以更好地改善土壤微生物区系,增加土壤酶活性,有利于土壤肥力的提高。

关键词:有机肥;化肥;微生物;酶活性

中图分类号:S 154.37 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)09-0154-06

土壤和肥料资源是保障粮食安全和人类赖以生存环境的基础,关系到农业与社会的可持续发展等重大问题^[1]。土壤作为环境的一个重要组成部分,在为人类提供生存所需的各种营养物质^[2]。随着生态环境不断恶化,土壤质量受到人们的普遍重视,成为土壤学领域新的研究热点。土壤质量是指土壤肥力质量、土壤环境质量及土壤健康质量 3 个方面的综合质量。

土壤质量与土壤的生物学性质密切相关。土壤微生物是影响土壤微生态环境的重要因素,是土壤有机物转化的执行者,同时还是植物营养元素的活性库^[3-5]。陈琳等^[6]研究表明,有机肥可以改变土壤微生物数量。目前国内外关于有机肥对土壤质量的影响已有部分研究,但生物有机肥对土壤质量影响的相关研究较少。邵丽等^[7]在盆栽试验条件下,采

用 Biolog 技术研究了生物复混肥对土壤微生物功能多样性的影响,其结果表明生物复混肥的施用比等养分量的有机无机复混肥处理能显著提高土壤微生物群落对碳源的利用率、微生物群落的丰富度和功能多样性。ZHANG 等^[8]用 Biolog ECO 板分析了不同施肥处理土壤微生物群落结构,研究表明,猪粪+化肥处理和秸秆+化肥处理微生物群落代谢活性和数量显著高于化肥和不施肥处理。ZHAO 等^[9]通过大田试验研究发现,施用由枯草芽孢杆菌制得的生物有机肥可显著促进植株生长,提高植株产量,改良土壤微生物环境。土壤酶是土壤的一个重要组成部分,主要来自于土壤微生物、植物和动物的活体或残体,参与了土壤环境中的一切生物化学过程,与有机物质分解营养物质、循环能量、转移环境质量等密切相关。LIU 等^[10]大田试验表明,有机肥的施入增加了土壤碱性磷酸酶、蔗糖酶和脲酶活性。张静等^[11]进行盆栽试验结果表明,施用生物有机肥处理土壤脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶和蔗糖酶的活性均高于对照和普通有机肥的处理。因此,探究不同施肥处理对土壤微生物量、土壤酶活性的影响,对维护和提高土壤质量均具有重要意义。该研究通过盆栽试验比较不同施肥处理对土壤微生物数量和酶活性的影响,旨在阐明生物有机肥对土壤质量的影响,为生物有机肥的推广施用提供参考依据。

第一作者简介:陶梦慧(1989-),女,内蒙古通辽人,硕士研究生,研究方向为土壤肥力与植物营养。E-mail:1198263495@qq.com.

责任作者:索全义(1962-),男,内蒙古呼和浩特人,博士,教授,博士生导师,现主要从事土壤肥力与植物营养等研究工作。E-mail:paul98@sina.com.

基金项目:内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2015MS0309)。

收稿日期:2016-12-28

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试有机肥、生物有机肥由大有生物有机肥公司提供,肥料基本性质见表1。化肥市场采购:尿素

表 1

供试有机肥、生物有机肥的化学性质

Table 1

Chemical property of the selected organic fertilizer and biological organic fertilizer

肥料 Fertilizer	有机质 Organic matter/%	N/%	P ₂ O ₅ /%	K ₂ O/%	pH
有机肥 Organic fertilizer	53.41	1.12	2.97	1.72	7.92
生物有机肥 Biological organic fertilizer	54.93	1.22	3.58	1.51	7.49

表 2

供试土壤的基本化学性质

Table 2

Basic chemical properties of the selected soil

有机质 Organic matter/(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen/(mg·kg ⁻¹)	有效 P Effective P/(mg·kg ⁻¹)	速效 K Available K/(mg·kg ⁻¹)	pH
6.28	56.21	4.63	158	8.3

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 共设6个处理,每处理3次重复,共6×3=18个处理。施肥处理按等养分设计。1)CK:对照,不施任何肥料。2)F:化肥处理,尿素、磷酸二氢铵和氯化钾施用量分别为73、608、304 kg·hm⁻²。3)M:有机肥处理,施用量为9 000 kg·hm⁻²。4)BIO:生物有机肥处理,施用量为8 318 kg·hm⁻²。5)F+M:化肥与有机肥混合处理,养分比例1:1。6)F+BIO:化肥与生物有机肥混合处理,养分比例1:1。采用无植物盆栽试验,按试验设计施用量将肥料与土壤充分混合装入塑料桶(高15 cm,上口径10 cm),每桶土质量3 kg。加水达到田间持水量的70%,加盖,放入网室内模拟自然条件进行室外培养,每隔5 d称质量一次并补水到初始质量。

1.2.2 土壤样品采集与处理 于2015年5月23日开始培养,分别于培养后15 d(6月8日)、35 d(6月28日)、65 d(7月28日)、105 d(9月8日)和155 d(10月28日)取土样。每盆3点通体上下用小土钻取样,混合均匀后留取1/2鲜样保存在4℃冰箱内,供微生物数量测定;其余土样风干、过2 mm筛保存,供酶活性测定。

1.3 项目测定

1.3.1 微生物指标测定 细菌、真菌、放线菌数量采用平板涂抹法测定^[12]。

1.3.2 酶活性测定 土壤转化酶活性采用硫代硫酸钠滴定法测定;土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定;土壤脲酶活性采用水杨酸钠比色法测定;碱性磷酸酶活性采用磷酸本二钠比色法测定^[13-14]。

1.4 数据分析

采用Excel 2010 计算数据;采用SAS 9.0 对试

(N 46%)、磷酸二氢铵(11-44-0)、氯化钾(K₂O 51%)。供试土壤取自呼和浩特郊区潮土,0~20 cm 土层混合土样,风干后过2 mm筛。土壤基本情况见表2。

验数据进行方差分析(ANOVA),显著性检验采用最小显著差异法(LSD法)。

2 结果与分析

2.1 不同施肥对土壤中微生物菌群数量的影响

与对照相比(表3),无论单施化肥、生物有机肥(或有机肥)还是生物有机肥(或有机肥)与化肥混合施用,均不同程度增加了土壤中细菌、放线菌数量。相同培养时间,土壤中细菌增量表现为:生物有机肥(BIO)>化肥+生物有机肥(F+BIO)>有机肥(M)>化肥+有机肥(F+M)>化肥(F)>对照(CK);放线菌增量表现为:生物有机肥(BIO)>有机肥(M)>化肥+生物有机肥(F+BIO)>化肥+有机肥(F+M)>化肥(F)>对照(CK);有机物料抑制了真菌的繁殖,各施肥处理抑制程度不具有规律性,培养到35、105 d,生物有机肥对真菌的抑制程度最大。

由表3还可看出,等养分不同施肥处理中,生物有机肥对细菌、放线菌的作用与培养时间呈正相关,真菌与培养时间呈负相关。培养到105 d时,生物有机肥处理土壤中细菌数量比化肥和有机肥处理分别高出15.5%~43.1%和3.5%~6.4%,放线菌数量分别高出58.2%~94.4%和9.8%~24.8%,真菌数量分别降低22.8%~59.5%和8.9%~19.3%;相同时期,化肥和生物有机肥混合施用比化肥和有机肥混合施用在细菌、放线菌和真菌数量上分别高出6.5%、5.1%和降低10.7%。

化肥与有机肥料混合施用同样对土壤中细菌、放线菌、真菌数量起到较好的作用。培养到105 d时,对细菌有更好的增效效果,化肥与有机肥或生物有机肥混合施用较化肥处理分别升高了33.2%和42.5%;培养到65 d对放线菌有更好的增效效果,化肥与有机肥

或生物有机肥混合施用较化肥处理分别升高了 46.2%和 70.0%;相同时期对真菌的作用效果,化肥与有机肥或生物有机肥混合施用较化肥处理分别降低

了 16.9%和 39.2%。以上结果说明,生物有机肥较化肥和有机肥对土壤中微生物数量的影响效果更显著;化肥与有机肥料混合施用比单独施用效果更好。

表 3

不同施肥对土壤微生物数量的影响

Table 3

Effects of different fertilization on the number of soil microbiologic

微生物 Microbial	培养时间 Incubation time/d	处理 Treatment					
		CK	F	M	BIO	F+M	F+BIO
细菌 Bacteria	35	9.72±1.24c	10.08±1.60b	12.03±1.41a	12.64±1.41a	11.10±1.50b	12.58±1.06a
	65	9.51±1.78e	13.31±1.23d	15.20±1.95c	15.73±0.95a	15.31±1.27b	15.54±0.71b
/(×10 ⁵ cfu·g ⁻¹)	105	10.53±1.95f	11.33±1.30e	15.24±1.20c	16.21±1.45a	15.09±1.60d	16.14±1.89b
放线菌 Actinomycetes	35	1.05±1.76f	2.52±0.64e	4.92±0.99b	4.90±0.78a	4.48±0.78d	4.94±1.48c
	65	1.83±0.42f	2.90±0.85e	4.51±0.85b	5.63±0.49a	4.24±1.13d	4.93±1.13c
/(×10 ⁵ cfu·g ⁻¹)	105	1.74±0.84e	3.61±0.99d	5.20±1.34b	5.71±0.42a	4.58±0.89c	4.79±0.26c
真菌 Fungus	35	4.91±0.85c	5.90±0.69a	4.93±0.69d	4.52±0.84e	4.94±1.12c	5.14±0.92b
	65	3.72±0.76f	5.54±0.70a	4.91±0.62b	4.51±0.84d	4.74±1.63c	3.98±0.47e
/(×10 ³ cfu·g ⁻¹)	105	5.21±0.46a	5.63±0.07a	4.21±1.77c	3.53±0.77e	4.26±0.24b	3.85±0.61d

注:不同字母表示达到差异显著水平($P<0.05$),下同。

Note: Different letters within the same column mean significant difference level ($P<0.05$), the same below.

2.2 不同施肥对土壤酶活性的影响

2.2.1 不同施肥对土壤脲酶活性的影响

土壤中脲酶是唯一对尿素的转化具有重大影响的酶^[15],土壤存在着能生成脲酶的微生物,在土壤中添加能促进微生物活动的有机物质,能使土壤中的脲酶活性增强^[14]。由表 4 可见,化肥和对照 2 个处理土壤中脲酶活性变化规律相同,均是随着培养时间的延长呈现下降趋势,其它 4 个处理土壤中脲酶活性变化趋势为先上升后降低。生物有机肥在培养到 35 d 时脲酶活性高于其它处理,比有机肥处理高出 19.5%,比化肥处理高出 26.8%。但当培养到 65、

105、155 d 时,土壤中脲酶活性最高的处理是生物有机肥和化肥混合施用,比化肥和生物有机肥单独施用时分别高出 21.1%~59.9%和 33.1%~64.8%,此处理与有机肥和化肥混施无显著差异。上述结果说明,施用生物有机肥和有机肥均可以提高土壤中脲酶活性,这与生物有机肥中加入的功能微生物有关。与化肥混合施肥处理对提高土壤脲酶活性的作用更明显,其中生物有机肥和化肥的混合施用在提高土壤脲酶活性的作用较有机肥和化肥混合施用更大,这可能与尿素施用刺激脲酶活性的提高有关。

表 4

不同施肥对土壤脲酶活性的影响

Table 4

Effects of different fertilization on the soil urease activity

mg·g⁻¹·d⁻¹

处理 Treatment	培养时间 Incubation time/d				
	15	35	65	105	155
CK	1.95±0.08ab	1.78±0.17b	1.39±0.11C	1.81±0.06B	1.00±0.02B
F	2.26±0.01a	1.98±0.00b	1.66±0.07B	1.47±0.1CD	1.32±0.38B
M	1.84±0.28abc	2.10±0.15ab	1.31±0.08C	1.25±0.16D	1.30±0.37B
BIO	1.53±0.19bc	2.51±0.05a	1.51±0.08BC	1.49±0.01CD	1.28±0.16B
F+M	1.46±0.05c	2.21±0.17ab	1.87±0.07A	1.60±0.22BC	1.97±0.05A
F+BIO	2.24±0.27a	2.44±0.31ab	2.01±0.04A	2.15±0.03A	2.11±0.06A

注:不同大写字母表示各处理间达差异极显著水平($P<0.01$),不同小写字母表示达到差异显著水平($P<0.05$),下同。

Note: Different capital letters reached extremely significant difference level between the groups ($P<0.01$), different lowercase letters mean significant difference level ($P<0.05$), the same below.

2.2.2 不同施肥对土壤碱性磷酸酶活性的影响

磷酸酶主要来源于植物根系和土壤微生物的分泌物,对土壤中有有机磷的水解有重要贡献,其活性的高低甚至可以用作诊断植株磷素丰缺的指标^[16]。由表 5 可见,不同处理中碱性磷酸酶活性随时间变化规律相似,呈先升高后降低再升高的变化趋势,到第 155 天之前,生物有机肥处理土壤中碱性磷酸酶活性均最高,高出有机肥 1.6%~37.4%,高出化肥处理 3.2%~

38.9%。到后期处理间差异不显著。说明生物有机肥中的功能菌能提高土壤中碱性磷酸酶活性。生物有机肥与化肥混施在提高土壤碱性磷酸酶活性方面的作用不如单独施用生物有机肥效果显著。

2.2.3 不同施肥对土壤过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶可促进土壤中多种化合物的氧化,防止过氧化氢积累对生物体造成毒害。过氧化氢酶活性与好氧微生物数量、土壤肥力密切相关,它可以表示

表 5 不同施肥对土壤碱性磷酸酶活性的影响

Table 5		Effects of different fertilization on the soil phosphatase activities				mg · g ⁻¹ · d ⁻¹
处理	培养时间 Incubation time/d					
Treatment	15	35	65	105	155	
CK	0.19±0.09D	1.12±0.30a	0.85±0.01C	1.47±0.27ab	1.88±0.06a	
F	0.90±0.09C	1.26±0.04a	0.97±0.07BC	1.28±0.10b	1.60±0.15a	
M	0.91±0.02C	1.28±0.07a	0.98±0.11BC	1.38±0.09ab	1.71±0.10a	
BIO	1.25±0.00A	1.30±0.27a	1.31±0.02A	1.77±0.00a	1.79±0.11a	
F+M	1.15±0.15AB	1.47±0.07a	1.17±0.02B	1.69±0.22ab	1.83±0.01a	
F+BIO	0.97±0.01BC	1.54±0.22a	1.31±0.07A	1.62±0.12ab	1.74±0.16a	

表 6 不同施肥对过氧化氢酶活性的影响

Table 6		Effects of different fertilization on the soil catalase activity				mL · g ⁻¹ · h ⁻¹
处理	培养时间 Incubation time/d					
Treatment	15	35	65	105	155	
CK	0.13±0.031b	0.13±0.003b	0.14±0.005ab	0.14±0.026b	0.13±0.03b	
F	0.15±0.006ab	0.16±0.002b	0.15±0.006b	0.15±0.003a	0.17±0.009a	
M	0.16±0.006ab	0.16±0.012ab	0.16±0.006ab	0.16±0.014a	0.17±0.003a	
BIO	0.17±0.002a	0.17±0.008ab	0.17±0.018a	0.16±0.013a	0.17±0.004a	
F+M	0.17±0.006a	0.17±0.007ab	0.15±0.013b	0.17±0.010a	0.17±0.002a	
F+BIO	0.16±0.006a	0.17±0.007a	0.16±0.007ab	0.16±0.007a	0.17±0.002a	

土壤氧化过程的强度^[17]。由表 6 可见,不同施肥对土壤中过氧化氢酶活性随培养时间的延长呈先上升后下降并趋于稳定状态。5 次取样中,各处理土壤中过氧化氢酶活性总体上无显著差异,说明生物有机肥和有机肥对过氧化氢酶的活性影响较小。

2.2.4 不同施肥对土壤蔗糖酶活性的影响 蔗糖酶可使不能被植物吸收的蔗糖分解成葡萄糖和果糖,活性大小可以间接表征土壤中有机碳的转化情况^[18],也可以作为评价土壤熟化程度和土壤肥力水平的一个指标^[19]。由表 7 可见,前 3 次取样中,均

是生物有机肥处理土壤中蔗糖酶活性最高,与其它处理差异极显著,比有机肥高出 50.9%~292.4%,比化肥高出 67.6%~456.3%。后 2 次取样中,生物有机肥和化肥混施处理土壤中蔗糖酶活性最高,与其它处理差异极显著,比有机肥和化肥混施高出 48.4%~77.8%,比生物有机肥高出 68.8%~108.0%。说明前期生物有机肥能提高土壤中蔗糖酶的活性,而后期生物有机肥和化肥混合施用在提高土壤蔗糖酶活性方面的作用效果最好,在一定程度上提高了土壤肥力。

表 7 不同施肥对蔗糖酶活性的影响

Table 7		Effects of different fertilization on the soil sucrose activity				mg · g ⁻¹ · d ⁻¹
处理	培养时间 Incubation time/d					
Treatment	15	35	65	105	155	
CK	1.37±0.23B	1.12±0.12D	1.29±0.03ab	0.71±0.28C	0.37±0.19D	
F	1.44±1.60B	1.58±0.35D	2.07±0.26ab	1.77±0.81BC	1.36±0.30CD	
M	2.47±0.60B	2.24±0.82 DC	2.30±1.85ab	3.09±1.25B	2.99±0.66AB	
BIO	5.88±0.58A	8.79±0.64A	3.47±0.82a	2.49±0.58B	2.18±0.36BC	
F+M	3.13±0.22B	3.76±0.12C	1.81±0.11ab	3.49±0.28B	2.07±0.76BC	
F+BIO	2.14±0.51B	5.46±0.65B	2.58±0.19ab	5.18±0.20A	3.68±0.08A	

3 讨论与结论

该研究结果表明,生物有机肥的施入显著提高了土壤中细菌和放线菌的数量,降低了真菌数量,可能与生物有机肥中的功能菌能够有效抑制真菌的生长有关,这与以往的研究结果一致^[20-22]。从土壤微生物角度来说,生物有机肥可提高土壤微生物活性,改善微生物结构和功能,提高微生物多样性,从而实现土壤微生物生态平衡^[23-24]。

土壤酶系统是土壤中最活跃的部分,它直接影响着土壤的代谢性能,并能反映土壤对污染物质自

净能力的大小。土壤酶在生态系统的有机质分解和养分循环所必须的催化反应中起重要作用^[25]。已有研究表明,土壤酶与土壤肥力直接相关^[26-28],建议将土壤蔗糖酶、脲酶、磷酸酶、过氧化氢酶作为评价土壤肥力的指标^[14]。土壤酶的测定结果表明,施用生物有机肥能够提高上述 4 种酶的活性,但对过氧化氢酶活性影响不大,与任爽等^[22]研究结果一致。施用生物有机肥以后,土壤中这 4 种酶活性均高于其它处理,可能是由于生物有机肥中存在大量有益微生物特别是功能菌的加入,丰富了土壤中的微生物,提高了土壤中微生物的多样性,有益于微生物繁殖,

使土壤微生物的活动和代谢更加旺盛,从而提高了土壤酶的活性。

施用有机肥可显著提高土壤中细菌和放线菌的数量,降低了真菌的数量。生物有机肥比有机肥效果更为显著,细菌、放线菌分别最大程度提高了6.4%、24.8%,真菌最大程度降低了19.3%。生物有机肥和化肥混合施用可显著提高土壤脲酶活性,生物有机肥可显著提高土壤碱性磷酸酶和蔗糖酶活性,且施用生物有机肥的处理均不同程度的高于其它处理,生物有机肥处理土壤中磷酸酶活性比有机肥和化肥处理最大程度分别高出37.4%和38.9%;生物有机肥处理土壤中蔗糖酶活性比有机肥和化肥处理最大程度分别高出292.4%和456.3%,但对过氧化氢酶活性的影响不显著。化肥与生物有机肥或有机肥混合施用对于土壤中微生物量和酶活性的影响比单独施用有机肥料和单独施用化肥效果更加明显。在农业生产中,生物有机肥可替代有机肥和部分化肥施用于土壤中,供农作物吸收利用。

参考文献

- [1] 赵秉强,梅旭荣. 对我国土壤肥料若干重大问题的探讨[J]. 科技导报, 2007(8):65-70.
- [2] 翁添富,高建培,易锋,等. 土壤重金属污染生物修复技术研究进展[J]. 科技导报, 2009(4):93-97.
- [3] KLEMETSSON L, BERG P, CLARHOLM M. Microbial nitrogen transformation in the root environment of barley[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1987, 19:551-558.
- [4] SINGH J S, RAGHUBANSHI A S, SRIVASTAVA S C. Microbial biomass act as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna[J]. Nature, 1989, 338:499-500.
- [5] 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.
- [6] 陈琳,谷洁,高华,等. 含铜有机肥对土壤酶活性和微生物群落代谢的影响[J]. 生态学报, 2012, 32(12):3912-3920.
- [7] 邵丽,谷洁,张社奇,等. 生物复混肥对土壤微生物功能多样性和土壤酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(6):1153-1159.
- [8] ZHANG Q C, IMRAN H S, XU D T, et al. Chemical fertilizer and organic manure inputs in soil exhibit a vice versa pattern of microbial community structure[J]. Appl Soil Ecol, 2012, 57:1-8.
- [9] ZHAO Q Y, SHEN Q R, RAN W, et al. Inoculation of soil by *Bacillus subtilis* Y-IVI improves plant growth and colonization of the rhizosphere and interior tissues of muskmelon (*Cucumis melo* L.) [J]. Biol Fert Soils, 2011(47):507-514.
- [10] LIU E K, LI X, SHEN Q R, et al. Enzyme activity in water-stable soil aggregates as affected by long-term application of organic manure and chemical fertilizer[J]. Pedosphere, 2013, 23(1):111-119.
- [11] 张静,杨江舟,胡伟,等. 生物有机肥对大豆红冠腐病及土壤酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(3):548-554.
- [12] 文启孝. 土壤有机质研究法[M]. 北京:农业出版社, 1984.
- [13] 杨玉盛,全川,高人,等. 生态学实验与技术教程[M]. 福州:福建教育出版社, 2008.
- [14] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社, 1987.
- [15] 王冬梅,王春枝,韩晓日,等. 长期施肥对棕壤主要酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(2):263-267.
- [16] 刘芷宇. 植物的磷素营养和土壤磷的生物有效性[J]. 土壤, 1992, 24(2):97-101.
- [17] 樊军,郝明德. 黄土高原旱地轮作与施肥长期定位试验研究: I: 长期轮作与施肥对土壤酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(1):9-13.
- [18] FORMAN R T. Some general principles of landscape and regional ecology[J]. Landsc Ecol, 1995, 10(3):133-142.
- [19] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社, 1986:274-323.
- [20] 袁英英,李敏清,胡伟,等. 生物有机肥对番茄青枯病的防效及对土壤微生物的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(7):1344-1350.
- [21] 高雪莲,邓开英,张鹏,等. 不同生物有机肥对甜瓜土传枯萎病防治效果及对根际土壤微生物区系的影响[J]. 南京农业大学学报, 2012, 35(6):55-60.
- [22] 任爽,柳影,曹群,等. 不同用量生物有机肥对苦瓜枯萎病防治及土壤微生物和酶活性的影响[J]. 中国蔬菜, 2013(10):56-63.
- [23] DORAN J W, SARRANTONIO M, LIEBIG M A. Soil health and sustainability[J]. Advance Agronomy, 1996, 56:2-54.
- [24] IBEKWE A M, KENNEDY A C, FROHNE P S, et al. Microbial diversity along a transect of agronomic zones[J]. FEMS Microbiology Ecology, 2002, 39:183-191.
- [25] ALLISON V J, CONDRON L M, PELTZER D A, et al. Changes in enzyme activities and soil microbial community composition along carbon and nutrient gradients at the Franz Josef chronosequence, New Zealand[J]. Soil Bio Biochem, 2007, 39(7):1770-1781.
- [26] 张鹏,贾志宽,路文涛,等. 不同有机肥施用量对宁南旱区土壤养分、酶活性及作物生产力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5):1122-1130.
- [27] 丁雷,李俊华,赵思峰,等. 生物有机肥和拮抗菌对土壤有效养分和土壤酶活性的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(3):504-510.
- [28] 张炎华,吴敏,何鹏. 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(34):1113-1114.

Effects of Different Fertilization on the Number of Soil Microbiologic and Soil Enzyme Activities

TAO Menghui, SUO Quanyi, ZHANG Shuguang, HOU Jianwei

(College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agriculture University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

基于土壤大孔隙流提升城市园林绿地 土壤入渗能力的思考

刘祥宏¹, 刘伟², 张楚涵¹, 田飞¹, 田晓明¹, 许秀泉³

(1. 天津泰达绿化集团有限公司, 天津 300457; 2. 国家林业局 中南林业调查规划设计院, 湖南 长沙 410014;

3. 沈阳农业大学 水利学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要:城市绿地是海绵城市建设的重要功能单元之一, 城市土壤入渗能力的提升将对海绵城市的建设起到重要的促进作用。该研究从城市绿地土壤结构改良、入渗功能提升等角度出发, 探讨了借助人工措施、动物资源以及植物根系, 构建土壤大孔隙优先流网络体系, 促进降雨高效入渗、减少地表径流、补给城市地下水资源的可行性, 为城市绿地在海绵城市建设中作用的发挥提供新的思路。

关键词:城市绿地; 海绵城市; 土壤入渗; 大孔隙流

中图分类号:S 731.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)09-0159-05

1 背景

1.1 海绵城市与城市园林绿地

近年, 随着城市建设的发展和城市规模的不断

扩大, 城市内涝频发、地下水位下降等问题逐渐凸显。针对这些问题, 国家适时提出“海绵城市”建设构想, 计划通过自然途径与人工措施相结合, 在确保城市排水防涝安全的前提下, 最大限度地实现雨水在城市区域的积存、渗透和净化, 促进城市雨水资源的利用和城市生态环境保护。

城市绿地作为城市的重要组成部分, 起着提高城市自然生态质量和生活质量、增加城市美学效果、净化空气污染、城市防灾等作用。当前, 基于海绵城市建设理念, 城市园林绿地领域可采取的主要技

第一作者简介:刘祥宏(1985-), 男, 博士, 工程师, 现主要从事土壤改良与污染修复等研究工作。E-mail: xicheng516@126.com.

责任作者:许秀泉(1986-), 男, 博士, 讲师, 现主要从事水土保持与生态环境建设等研究工作。E-mail: xuxiuquan1986@126.com.

基金项目:天津市科技小巨人领军企业培育重大资助项目(15YDLJSF00050)。

收稿日期:2016-12-07

Abstract: The effect of using chemical fertilizer, organic fertilizer, biological organic fertilizer, organic fertilizer combined with chemical fertilizer, chemical fertilizer combined with biological organic fertilizer and no fertilizer treatment on the number of soil microbiologic and soil enzyme activities were investigated through an outdoor pots experiment. The results showed that using the biological organic fertilizer, the number of soil bacteria were 15.5%—43.1% and 3.5%—6.4% higher than chemical fertilizer and organic fertilizer treatments and the number of actinomycetes were 58.2%—94.4% and 9.8%—24.8% higher than chemical fertilizer and organic fertilizer treatments. But the numbers of fungus are 22.8%—59.5% and 8.9%—19.3% than chemical fertilizer and organic fertilizer treatments. Biological organic fertilizer combined with chemical fertilizer treatment had the highest urease activities. Biological organic fertilizer treatment had the highest number of phosphatase activities, 1.6%—37.4% higher than organic fertilizer treatment and 3.2%—38.9% higher than chemical fertilizer treatment. Biological organic fertilizer treatment has the highest sucrose activities, 50.9%—292.4% higher than organic fertilizer treatment and 67.6%—456.3% higher than chemical fertilizer treatment. Each treatment has small effect on the catalase activities. Using biological organic fertilizer can improve the soil microflora, raise the enzymatic activity and increase the soil fertility.

Keywords: organic fertilizer; chemical fertilizer; microform; enzymatic activity