

添加木醋液对沙地土壤微生物生物量和酶活性的影响

杜薇, 朱一波, 张晓, 耿玉清, 林平

(北京林业大学 林学院, 北京 100083)

摘要: [目的] 探讨沙地添加木醋液后土壤微生物生物量和酶活性的变化, 为沙地土壤生物学质量的改良提供理论依据。[方法] 采用盆栽植草培养法, 以添加自来水为对照, 对沙地添加不同稀释倍数(200, 150, 100, 50, 20)木醋液后的土壤可溶性有机碳、氮和酚, 土壤微生物生物量碳氮以及土壤酶活性进行研究。[结果] 向沙土添加木醋液可以显著降低土壤 pH 值, 显著提高土壤易氧化碳、土壤水溶性碳氮、土壤可溶性酚以及无机氮的含量。在添加木醋液稀释高于 50 倍范围内, 随木醋液稀释倍数降低, 土壤微生物生物量碳氮增加以及 β -糖苷酶、碱性磷酸酶和脱氢酶活性提高。添加稀释 20 倍的木醋液, 导致土壤微生物生物量碳氮以及 β -糖苷酶、碱性磷酸酶和脱氢酶活性有所降低。在高于 20 的稀释倍数范围内, 随着施用木醋液稀释倍数的降低, α -糖苷酶、亮氨酸氨基肽酶、酸性磷酸酶和酚氧化酶的活性有显著增加的趋势。[结论] 添加不同稀释倍数的木醋液会影响沙地土壤微生物生物量和酶活性。

关键词: 木醋液; 沙地; 土壤微生物生物量碳; 土壤微生物生物量氮; 土壤酶活性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)03-0358-05

中图分类号: S154.2

文献参数: 杜薇, 朱一波, 张晓, 等. 添加木醋液对沙地土壤微生物生物量和酶活性的影响[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 358-362. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.03.061

Effects of Wood Vinegar on Microbial Biomasses and Enzyme Activity in Sandy Soil

DU Wei, ZHU Yibo, ZHANG Xiao, GENG Yuqing, LIN Ping

(College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: [Objective] To study the effect of the wood vinegar on sandy soil microbial biomass and enzyme activity in order to provide the theoretical basis for improving the sandy soil biological quality. [Methods] Compared with the effect of adding tap water on sandy soil, we added different dilution times(200, 150, 100, 50 and 20) of wood vinegar to the soil using pot planting method. Further, the contents of soil dissolved organic carbon, nitrogen and phenol, soil microbial biomass carbon and nitrogen, as well as soil enzyme activities were determined. [Results] Application of wood vinegar to sand soil could significantly decrease soil pH value, increase the contents of readily soil oxidizable carbon, soil dissolved organic carbon, nitrogen and phenol as well as inorganic nitrogen. When the dilution ratio of wood vinegar was greater than 50-fold, the contents of microbial biomass carbon and nitrogen and the activities of β -glucosidase and alkaline phosphatase and dehydrogenase increased with the decrease of dilution ratio of wood vinegar. Compared with the application of 20-fold dilution of wood vinegar, the microbial biomass carbon and nitrogen and the activity of β -glucosidase and alkaline phosphatase and dehydrogenase were decreased with the application of 20-fold dilution of wood vinegar. However, the activity of α -glucosidase, leucine aminopeptidase, acid phosphatase and polyphenol oxidase significantly increased with the decrease of dilution ratio of wood vinegar within a certain range(greater than 20-fold dilution) of wood vinegar. [Conclusion] Different concentrations of wood vinegar will affect sandy soil microbial biomass and soil enzyme activity.

Keywords: wood vinegar; sandy soil; soil microbial biomass carbon; soil microbial biomass nitrogen; soil enzyme activity

收稿日期: 2015-04-01

修回日期: 2015-07-28

资助项目: 北京林业大学国家级大学生创新训练项目“施用炭醋肥对沙地土壤性质及植物生长的影响”(G201410022001)

第一作者: 杜薇(1992—), 女(汉族), 内蒙古自治区包头市人, 本科, 研究方向为草坪生态。E-mail: duweiweibifu@163.com。

通讯作者: 耿玉清(1965—), 女(汉族), 河北省武强县人, 博士, 副教授, 主要从事土壤生态研究。E-mail: gengyuqing@bjfu.edu.cn。

沙地的存在是导致首都沙尘天气的主要原因^[1],防沙治沙工作始终是首都北京生态环境建设的重要组成部分。尽管从20世纪50年代开始,北京市大力开展了以植树造林、增加林草植被覆盖为主要内容的防沙治沙工作,在一定程度上,减弱了永定河和潮白河等风沙危害,但仍有一定量待治理的沙地^[2]。种植植被以及植被恢复是治理沙地的重要措施,良好的土壤环境是植被得以健康生长的保障^[3]。而沙地因保水保肥性差,土壤质量难以满足植物生长的需求,从而给植被恢复带来巨大的障碍。如何提高沙地土壤质量是林业生态工程研究中的热点。

木醋液是植物材料在干馏过程中所得到的具有熏臭味的有机副产品,其主要成分是有有机酸和酚类物质,是一种新型的液体有机肥料,在农业生产中得到广泛地应用^[4]。大量研究表明,施用木醋液可以提高土壤有机质和养分含量,显著增加土壤微生物数量以及酶活性,促进植物的生长^[5-7]。但相关的研究大多是在林地、盐碱土以及菜地等获得的。把木醋液施用于沙地的效果如何还鲜有报道。目前土壤质量是评判土壤生产能力的综合指标,反映土壤质量的指标有物理化学以及生物学性质指标等。而土壤微生物生物量及酶活性在反映土壤生物学质量状况中具有重要作用,同时也是反映土壤改良效果的敏感指标。本研究的目的是通过向沙土中添加不同稀释倍数的木醋液,探索不同稀释倍数的木醋液对草生长以及对土壤微生物生物量和酶活性的影响,以期为沙地土壤生物学性质的改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

供试木醋液来自北京林业大学木工实验室,pH值为3.45,为棕褐色的液体。供试的土壤取自北京市通州区。所研究土壤的基本性质为,土壤有机质含量为1.17 g/kg,土壤全氮含量为0.2 g/kg,土壤颗粒组成为砂粒653 g/kg,粉粒125 g/kg,黏粒含量为202 g/kg。将采回的土样去除植物根系和残体后,使其通过2 mm筛。然后将5 kg的土装入盆中,并在盆中撒入来自北京绿冠草业公司的*Justice*高羊茅草种。

在向沙土添加木醋液之前,先把木醋液按照体积比分别稀释200,150,100,50,20倍。本试验连同空白试验(用自来水代替)共设计6个处理,分别记为CK, W_{V200}, W_{V150}, W_{V100}, W_{V50}, W_{V20}。待配置好木醋液后,分别向每盆浇灌2 000 ml的木醋液溶液或自来水。在高羊茅草生长期间,按不同的稀释倍数每隔

60 d浇灌1次木醋液或自来水,共浇灌3次。为确保草的正常生长,定期向每盆浇灌等量的水。180 d后采集土壤样本进行分析。

1.2 研究方法

草生长指标的测定方法:高羊茅的生长指标分别选用地上生物量、生长速度和再生速度3个指标。其中草生物量的测定在高羊茅播种30 d后进行第1次修剪,修剪高度6 cm。用信封装入每盆高羊茅修剪下的全部草屑,用天平测量高羊茅草屑鲜重后,在105 ℃杀青后改为65 ℃条件下烘干测其干重。每隔60 d修剪1次,并测定草的生物量,研究期间共修剪3次,取其平均值作为不同木醋液稀释倍数条件下草的生物量指标。生长速度的测定方法是,随机选取10株草坪草,用竹签及红绳定株测定其垂直高度,在其生长期每隔10 d测1次,共计测定5次,计算其平均生长速度(mm/d)。再生速度的测定方法为:在每盆中随机选取10株草坪草测定其垂直高度,计算修剪一段时间后的时间与修剪高度之差,除以修剪到测量时期的间隔天数,得出其再生速度(mm/d)。

土壤化学指标的测定:土壤pH采用电位计法测定;土壤易氧化碳(ROC)采用高锰酸钾氧化法^[8]。土壤可溶性酚含量的测定,采用碳酸钠和福林酚试剂分光光度计比色法^[9]。土壤可溶性碳和土壤可溶性氮的测定,采用碳氮分析仪直接测定。NH₄⁺-N和NO₃⁻-N的测定,采用氯化钾溶液浸提,流动注射分析仪测定法。土壤溶解性有机氮等于溶解性总氮与无机氮之差。

土壤微生物生物量的测定采用氯仿熏蒸法,熏蒸与未熏蒸的土壤用硫酸钾溶液浸提,提取液有机碳和全氮的含量,用碳氮分析仪直接测定。以熏蒸土壤与未熏蒸土壤提取的有机碳、氮的差值分别除以转换系数来计算土壤微生物量生物量碳和生物量氮^[10]。

本研究主要测定与土壤有机碳、氮和磷转化密切相关的6种水解酶和2种氧化还原酶。测定方法是基于在土壤中添加基质,经酶促反应后用分光光度计测定其生成物含量的方法实现的。其中对 α -葡萄糖苷酶、 β -葡萄糖苷酶、亮氨酸氨基肽酶和酸性磷酸酶活性的测定,采用pH值为5的醋酸钠缓冲液;对测定碱性磷酸酶活性,则采用pH值为9的硼酸盐溶液。酚氧化酶活性的测定,采用左旋多巴(DOPA)底物和pH值为5的醋酸钠缓冲液,经培养后的土液混合物经过滤后,在460 nm处用分光光度计测定生成物的含量^[11]。土壤脱氢酶的测定采用碘硝基氯化四氮唑蓝(INT)为底物,缓冲液采用pH值为7的三羟甲基氨基甲烷缓冲液,酶促反应的产物甲胍(INTF)

在 464 nm 处用分光光度计测定^[12]。在土壤酶活性测定的同时分别做无土空白试验和无底物对照试验。

1.3 数据处理

用 SPSS 19 软件对所获数据进行分析。其中添加不同稀释倍数木醋液后草的生长指标、土壤化学性质以及土壤酶活性的影响用 ANOVA 方法, 差异显著性通过 LSD 方法进行确定; 采用 Pearson 方法, 探讨土壤化学性质以及土壤微生物生物量碳氮指标与土壤酶活性的相关性。

2 结果与分析

2.1 对高羊茅生长的状况的影响

如表 1 所示, 添加不同稀释倍数的木醋液对高羊茅的不同生长指标的影响不尽一致。就高羊茅地上干重指标而言, W_{V100} , W_{V50} 和 W_{V20} 处理均与空白有显著的差异, 但随着木醋液稀释倍数的提高, W_{V150} 和 W_{V200} 与对照无显著差异。添加不同稀释倍数的木醋液对草生长速度的差异不显著。对再生速度而言, 除 W_{V20} 处理外, 木醋液的添加并未显著改变高羊茅的再生速度。

表 1 不同稀释倍数木醋液处理下高羊茅生长的变化

木醋液 稀释倍数	地上干重/ g	生长速度/ ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)	再生速度/ ($\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$)
CK	2.67(0.29) ^b	0.73(0.03) ^a	0.19(0.00) ^b
W_{V200}	2.82(0.12) ^b	0.74(0.06) ^a	0.15(0.02) ^b
W_{V150}	2.93(0.23) ^{ab}	0.74(0.05) ^a	0.20(0.02) ^b
W_{V100}	3.04(0.09) ^a	0.76(0.04) ^a	0.21(0.04) ^b
W_{V50}	3.19(0.11) ^a	0.78(0.05) ^a	0.22(0.03) ^b
W_{V20}	3.37(0.03) ^a	0.79(0.07) ^a	0.38(0.03) ^a

注: 数值为平均值±标准误, 同列不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$); W_{V200} , W_{V150} , W_{V100} , W_{V50} , W_{V20} 指木醋液按照体积比分别稀释 200, 150, 100, 50, 20 倍。下同。

2.2 对土壤的微生物生物量的影响

添加不同稀释倍数木醋液沙土的土壤微生物生物量碳见图 1。从图 1 可看出, 添加任何稀释倍数的木醋液均比对照显著地提高了土壤微生物生物量碳含量。在添加不同稀释倍数的木醋液处理之间, W_{V50} 处理时土壤微生物生物量碳最高为 154.55 mg/kg, 显著地高于 W_{V200} , W_{V150} 和 W_{V100} 处理的土壤微生物生物量碳。值得关注的是, 添加木醋液稀释倍数最低的 W_{V20} 处理, 其土壤微生物生物量碳显著地低于 W_{V50} , 而与 W_{V100} 没有显著差异。

添加木醋液也显著影响了土壤微生物生物量氮含量(图 2)。不同木醋液稀释倍数之间对土壤微生物

物生物量氮的影响与土壤微生物生物量碳有一定的区别。从图 2 可知, W_{V100} , W_{V50} 和 W_{V20} 个处理的土壤微生物生物量氮之间没有显著差异, 但均显著高于 CK。添加高稀释倍数的木醋液处理如 W_{V200} , W_{V150} 与 CK 并没有显著差异。

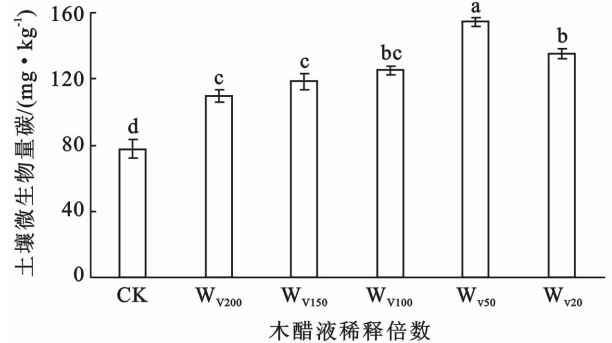


图 1 添加不同稀释倍数木醋液对土壤的微生物生物量碳的影响

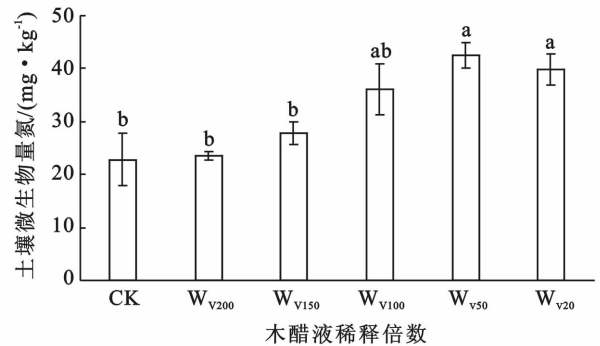


图 2 添加不同稀释倍数木醋液对土壤微生物生物量氮的影响

2.3 不同稀释倍数木醋液处理后土壤化学性质的差异

添加不同稀释倍数的木醋液处理对土壤化学性质指标均有显著的影响, 但对不同化学性质指标的影响程度不同(表 2)。与 CK 处理相比, 除 W_{V200} 处理外, 均能显著降低土壤 pH 值。 W_{V20} 对土壤 pH 值的降低效果最明显, 显著地优于其他处理。就土壤易氧化碳指标而言, 随着添加木醋液稀释倍数的降低, 土壤易氧化碳有显著递增的趋势, 即使 W_{V200} 处理, 也显著地高于 CK。此外, 土壤可溶性酚含量的变化也与木醋液的添加有密切关系。添加不同稀释倍数木醋液后土壤可溶性酚的变化与土壤易氧化碳的变化趋势相似。从表 2 可看出, 添加木醋液显著增加了土壤可溶性碳的含量。虽然高稀释倍数的木醋液处理 W_{V200} , W_{V150} 和 W_{V100} 并未显著增加土壤可溶性有机氮含量, 但低稀释倍数的木醋液 W_{V50} 和 W_{V20} 处理对土壤可溶性有机氮的提高有显著作用。木醋液的添加, 也促进了 NO_3^- -N 含量的提高, 但对 NH_4^+ -N 的影响更显著。

表 2 添加不同稀释倍数木醋液后土壤化学性质的变化

木醋液 稀释倍数	pH 值	土壤易氧化碳/ (mg · kg ⁻¹)	土壤可溶性酚/ (μmol · kg ⁻¹)	土壤可溶性有机 碳/(mg · kg ⁻¹)	土壤可溶性有机 氮/(mg · kg ⁻¹)	NO ₃ ⁻ -N/ (mg · kg ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/ (mg · kg ⁻¹)
CK	8.81(0.06) ^a	679.7(0.8) ^f	0.28(0.02) ^e	93.68(5.31) ^d	3.20(0.24) ^c	4.05(0.11) ^c	1.67(0.13) ^d
W _{V200}	8.72(0.03) ^{ab}	713.8(0.8) ^e	0.36(0.02) ^e	164.67(3.04) ^c	4.93(0.45) ^c	4.26(0.13) ^c	2.31(0.11) ^c
W _{V150}	8.63(0.03) ^b	729.3(0.6) ^d	0.65(0.04) ^d	182.60(1.13) ^b	5.52(1.04) ^c	4.54(0.35) ^{bc}	2.39(0.23) ^c
W _{V100}	8.56(0.06) ^b	868.8(0.8) ^c	1.11(0.09) ^c	193.73(1.84) ^b	7.85(0.83) ^{bc}	4.77(0.34) ^b	2.90(0.24) ^b
W _{V50}	8.50(0.04) ^b	933.3(0.6) ^b	1.49(0.13) ^b	199.08(1.30) ^{ab}	9.60(1.25) ^b	4.93(0.16) ^b	3.00(0.09) ^{ab}
W _{V20}	8.30(0.06) ^c	1284.9(2.0) ^a	2.19(0.06) ^a	209.85(6.22) ^a	20.95(1.29) ^a	5.65(0.23) ^a	3.20(0.08) ^a

2.4 不同稀释倍数木醋液处理后土壤酶活性的差异

添加木醋液对不同土壤酶种类的影响有所区别(表 3)。虽然 α-糖苷酶和 β-糖苷酶均参与土壤有机碳的分解,但在土壤中以 β-糖苷酶为主。对 α-糖苷酶活性而言,低稀释倍数的木醋液处理 W_{V100}, W_{V50}, W_{V20} 显著地促进了酶活性的提高,而 W_{V200}, W_{V150} 的效果不显著。与 α-糖苷酶不同,木醋液的添加显著促进了 β-糖苷酶活性的提高,但 W_{V20} 对 β-糖苷酶的影响效果,显著低于 W_{V150}, W_{V100} 和 W_{V50}。随着添加木醋液稀释倍数的降低,亮氨酸胺酶有显著增加的趋势,其中 W_{V20} 处理显著高于其他处理。添加木醋液对酸性磷酸酶和碱性磷酸酶的影响趋势相反。表现为酸性

磷酸酶活性随添加木醋液稀释倍数的降低而逐渐增强;而碱性磷酸酶活性则随添加木醋液稀释倍数的降低而逐渐减弱。

在所研究的土壤酶种类中,酚氧化酶的变化梯度最为明显,表现为随木醋液稀释倍数的降低而增强,且不同木醋液稀释倍数之间沙土的酚氧化酶活性均表现为显著的差异。虽然土壤脱氢酶活性的变化趋势不明显,但添加木醋液后的脱氢酶活性均显著高于对照。在 W_{V150}, W_{V100} 和 W_{V50} 处理时,脱氢酶的活性较高,3 处理均显著地高于 W_{V20} 处理时的脱氢酶活性。但高稀释倍数的 W_{V200} 处理的脱氢酶活性与 W_{V20} 处理无显著差异。

表 3 添加不同木醋液稀释倍数土壤酶活性的变化

木醋液 稀释倍数	α-糖苷酶	β-糖苷酶	亮氨酸胺酶	酸性磷酸酶	碱性磷酸酶	酚氧化酶	脱氢酶
CK	16.2(0.9) ^c	88.2(4.6) ^d	9.0(0.7) ^d	17.3(1.0) ^c	95.0(0.4) ^a	426.6(0.8) ^f	6.8(1.2) ^c
W _{V200}	16.7(0.4) ^c	112.6(5.9) ^{bc}	12.5(0.6) ^c	20.4(0.1) ^b	85.8(0.5) ^b	453.1(1.0) ^e	11.1(0.4) ^b
W _{V150}	17.7(0.6) ^{bc}	125.9(4.2) ^b	14.3(0.7) ^c	22.0(1.0) ^b	84.4(0.3) ^b	465.8(1.0) ^d	12.3(0.5) ^{ab}
W _{V100}	18.8(0.7) ^b	127.1(7.5) ^b	15.4(0.5) ^{bc}	22.5(0.7) ^b	80.2(0.5) ^c	517.2(0.9) ^c	12.7(1.0) ^a
W _{V50}	19.6(1.0) ^b	170.5(9.0) ^a	17.1(0.5) ^b	24.7(0.3) ^{ab}	77.6(1.9) ^c	528.1(0.4) ^b	14.1(0.2) ^a
W _{V20}	23.8(0.9) ^a	106.9(2.2) ^c	23.3(0.8) ^a	26.5(1.6) ^a	69.1(0.7) ^d	545.0(1.7) ^a	11.8(0.7) ^b

注:α-糖苷酶、β-糖苷酶、亮氨酸胺酶、酸性磷酸酶、碱性磷酸酶活性单位均为 mmolpNP/(g · h); 酚氧化酶活性单位为 mmolDOPA/(g · h); 脱氢酶单位为 μg INTF/(g · h)。下同。

3 讨论与结论

3.1 影响土壤酶活性的主要因素

土壤酶主要来源于微生物的分泌,酶活性是反映土壤微生物功能的重要指标。从所测定的土壤特征参数与酶活性的相关性关系来看,土壤微生物生物量碳和氮显著驱动糖苷酶、亮氨酸胺酶、酸性磷酸酶和酚氧化酶和脱氢酶活性的变化,这与土壤酶的微生物来源有关。而土壤微生物生物量碳氮对土壤碱性磷酸酶的抑制作用则表明有更关键的因素在发生作用。由于土壤脱氢酶属于胞内酶,其活性可以看作是土壤微生物活性和功能多样性的重要指标^[12]。因此,土壤微生物生物量碳和氮与土壤脱氢酶活性存在显著的

相关性。土壤磷酸酶是土壤中一种广泛存在的水解酶,能催化磷酸脂或磷酸酐的水解反应,其活性高低直接影响着土壤中有有机磷的分解转化及其生物有效性。研究表明,土壤 pH 值对磷酸酶活性的影响非常显著,而酸性磷酸酶与碱性磷酸酶的比例可以作为反应土壤 pH 值变化的指标。本研究认为土壤 pH 值与酸性磷酸酶呈负相关,而与土壤碱性磷酸酶呈正相关。这与 Dick 等^[13]的研究结果一致。由于木醋液的成分主要是有机酸和酚^[14],因此,木醋液的添加,可提高土壤有机碳氮以及土壤可溶性酚的含量。土壤可溶性碳氮是微生物生长发育的能源与营养源,微生物的发育有利于酶活性的提高。表 4 的相关分析表明,土壤易氧化碳、可溶性酚以及可溶性碳氮的含量的提

高,均显著促进了亮氨酸胺酶、酸性磷酸酶和酚氧化酶的活性,但对 β -糖苷酶和脱氢酶活性的影响不显著。另外,无机氮即 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 的含量也表现出相似的趋势。

中国对土壤理化性质与土壤酶活性关系的研究很多,但由于不同学者国内对酶种类的选择不同,研究的方法也不尽一致,不同研究的结果难以进行比较^[15]。

表 4 土壤特征参数与酶活性相关系数

土壤化学性质	α -糖苷酶	β -糖苷酶	亮氨酸胺酶	酸性磷酸酶	碱性磷酸酶	酚氧化酶	脱氢酶
微生物生物量 C	0.605**	0.766**	0.710**	0.800**	-0.812**	0.830**	0.829**
微生物生物量 N	0.581*	0.564*	0.666**	0.630**	-0.742**	0.730**	0.656**
土壤 pH 值	-0.863**	—	-0.906**	-0.875**	0.875**	-0.883**	—
土壤易氧化碳	-0.909**	—	0.936**	0.793**	-0.906**	0.823**	0.808**
土壤可溶性酚)	0.903**	—	0.930**	0.834**	-0.937**	0.885**	0.503*
土壤水溶性有机碳	0.678**	0.597**	0.818**	0.838**	-0.884**	0.917**	—
土壤可溶性有机氮	0.839**	—	0.930**	0.812**	-0.887**	0.790**	—
NO_3^--N	0.873**	—	0.817**	0.675**	-0.845**	0.788**	—
NH_4^+-N	0.770**	0.533*	0.880**	0.888**	-0.919**	0.944**	0.712**

注:—表示相关性不显著;*表示在 $p<0.05$ 水平显著相关;**表示在 $p<0.01$ 水平极显著相关。

3.2 添加木醋液有利于土壤的微生物生物量和酶活性的提高

土壤的微生物生物量和酶活性是描述土壤质量的重要生物学指标,其中,土壤酶来源于植物根系的分泌和微生物的分泌。胡春花等^[16]研究表明,向土壤中添加木醋液可以显著或极显著地增加土壤细菌、放线菌、自生固氮菌、纤维分解菌和无机磷细菌数量,减少真菌数量。虽然土壤酶早就广泛应用于指示土壤管理水平的变化^[17],但就目前而言,施用木醋液对土壤酶活性的研究不多。但对炭醋肥的施用研究表明^[18],施用木醋液与生物碳的混合物,也可显著增加土壤微生物数量和增加土壤磷酸酶、蔗糖酶、脲酶和蛋白酶的活性。这在一定程度上,支持了本研究的结果。本研究认为,在高于木醋液稀释 50 倍的范围内,随稀释倍数的降低对土壤微生物生物量碳和氮的明显的促进作用,但超过 50 倍,土壤微生物生物量碳和氮有所降低。对不同土壤酶活性的研究结果表明,除低稀释倍数的木醋液对 β -糖苷酶和碱性磷酸酶以及脱氢酶有一定的抑制作用外,随着施用木醋液稀释倍数的降低, α -糖苷酶、 β -糖苷酶、亮氨酸胺酶、酸性磷酸酶和酚氧化酶的活性有显著增加的趋势。土壤微生物生物量与酶活性的提高,也可以从高羊茅的地上生长量以及再生速度获得支持。由于本研究的时间仅有 180 d,不同木醋液稀释倍数对草生长指标的影响未达到显著水平,但由于不同稀释倍数木醋液对土壤微生物生物量和酶活性的影响是显著的,如果长时间地向沙土施用木醋液,也可能获得更显著的效果。这需要今后进一步开展研究。

[参 考 文 献]

- [1] 张钛仁,张明伟,蒋建莹.近 60 a 北京地区沙尘天气变化及路径分析[J].高原气象,2012,31(2):487-491.
- [2] 李春雨,李荣桓,褚建民.华北平原沙地治理工程初期的改良土壤效应[J].防护林科技,2014(5):1-4.
- [3] 左小安,赵学勇,赵哈林,等.沙地退化植被恢复过程中灌木发育对草本植物和土壤的影响[J].生态环境学报,2009,18(2):643-647.
- [4] Pangnakorn U, Watansorn S, Kuntha C, et al. Application of wood vinegar to fermented liquid bio-fertilizer for organic agriculture on soybean[J]. Asian Journal of Food and Agro-industry, 2009,2(S):189-196.
- [5] 张亚兰,孙金龙,李治宇,等.木醋液对盐碱土改良效果研究[J].中国农机化学报,2014,35(6):292-295.
- [6] 胡春花,达布希拉图.木醋液和炭醋肥对设施蔬菜土壤肥力及蔬菜产量的影响[J].中国农学通报,2011,27(10):218-223.
- [7] 杜相革,史咏竹.木醋液及主要成份对土壤微生物数量影响的研究[J].中国农学通报,2004,20(2):59-62.
- [8] Weil R R, Islam K R, Stine M A, et al. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use[J]. American Journal of Alternative Agriculture, 2003,18(1):3-17.
- [9] DeForest J L, Zak D R, Pregitzer K S, et al. Atmospheric nitrate deposition and enhanced dissolved organic carbon leaching: Test of a potential mechanism[J]. Soil Science Society of America Journal, 2005,69(4):1233-1237.
- [10] 吴金水,林启美,黄巧云,等.土壤微生物生物量测定方法及其应用[M].北京:气象出版社,2006:54-70.

(下转第 368 页)

- [5] 张杨珠,陈军文,黄运湘,等. 几种天然养分载体的保肥供肥特性研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2003,29(4):312-317.
- [6] 吴晓芙,胡曰利,雷电,等. 蛭石与人造沸石氨氮平衡吸附[J]. 中南林学院学报, 2005,25(5):1-4.
- [7] 范富,张庆国,侯迷红,等. 保水剂对不同质地土壤保肥性影响的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2013,31(6):115-120.
- [8] 肇普兴,夏海江. 聚丙烯酰胺的保土保水保肥及改土增产作用[J]. 水土保持研究, 1997,4(4):98-104.
- [9] 夏瑶,姜运生,杨超光,等. 几种水稻土对磷的吸附与解吸特性研究[J]. 中国农业科学, 2002,35(11):1369-137.
- [10] 员学锋,吴普特,汪有科,等. 施加 PAM 条件土壤养分淋溶试验研究[J]. 水土保持通报, 2003,23(2):26-28.
- [11] 秦玲. 草炭及其改良土壤对氮、磷、钾的吸附特性[J]. 中国林业科技大学学报, 2009,29(1):20-24.
- [12] Mayer F. Potato pulp: Properties, physical modification and application[J]. Polymer Degradation and Stability, 1998,59(S1/2/3):231-235.
- [13] Mayer F, Hillebrandt J O. Potato pulp: Microbiological characterization, physical modification, and application of this agricultural waste product[J]. Applied Microbiology & Biotechnology, 1997,48(4):435-440.
- [14] Olsen H S. Method for treatment of potato pulp: U S. Patent, 6060091[P]. 2000-5-9.
- [15] Schuction K, Rosen W. Investigation of the use of agricultural by products for fungal protein production [J]. Process Biochemistry, 1997,32(8):705-714.
- [16] 王典,王加启,张养东,等. 马铃薯淀粉渣的开发与综合利用[J]. 中国畜牧兽医, 2011,38(10):27-29.
- [17] 王拓一,张杰,吴耘红,等. 马铃薯渣的综合利用研究[J]. 农产品加工学刊, 2008,142(7):103-105.
- [18] 杜建军,苟春林,崔英德,等. 保水剂对氮肥氨挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J]. 农业环境科学学报, 2007,26(4):1296-1301.
- [19] 李霞,李法云,荣湘民,等. 城市污泥改良沙地土壤过程中氮磷的淋溶特征与风险分析[J]. 水土保持学报, 2013,27(4):93-97.

(上接第 362 页)

- [11] Robertson G P, Coleman D C, Bledsoe C S, et al. Standard soil methods for long-term ecological research [M]. New York: Oxford University Press, 1999:329-338.
- [12] Margesin R, Schinner F. Manual for soil analysis monitoring and assessing soil bioremediation [M]. Springer Science & Business Media, 2005:316-318.
- [13] Dick W A, Cheng L, Wang P. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000,32(13):1915-1919.
- [14] 李元祥,林红卫. 阔叶树皮木醋液与木焦油有机成分的气相色谱分析[J]. 分析科学学报, 2012,28(1):58-62.
- [15] Baldrian P, Trogl J, Frouz J, et al. Enzyme activities and microbial biomass in topsoil layer during spontaneous succession in spoil heaps after brown coal mining [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2008,40(9):2107-2115.
- [16] 胡春花,达布希拉图,武闻权,等. 木醋液及炭醋肥对设施土壤微生物数量及相关性的影响[J]. 土壤通报, 2012,43(4):45-57.
- [17] Bandick A K, Dick R P. Field management effect on soil enzyme activity[J]. Soil Biological and Biochemistry, 1999,31(11):1471-1479.
- [18] 胡妍玢,陈杰,杨学军,等. 不同配比的木醋肥对香樟林土壤性状的影响[J]. 土壤, 2013,45(3):437-443.