木醋液对辽西北低、中肥力土壤小白菜产量和土壤酶活性的影响

斯日木极[1]，孔 涛[1]，郑 爽[1]，那冰静[2]，林锦毅[1]，张廉崧[1]，孟 娇[1]
(1.辽宁工程技术大学 环境科学与工程学院，辽宁 阜新 123000；2.抚顺市章党经济开发区实验学校，辽宁 抚顺 113007)

摘 要：[目的] 确定木醋液在辽西北地区低、中肥力土壤中的合适浓度，揭示木醋液对土壤酶活性的影响。[方法] 设置 0.10%，0.15%，0.30%不同浓度木醋液的低、中肥力土壤盆栽试验，测定盆栽小白菜的产量指标，同时测定土壤酶活性，评估其土壤肥力质量。[结果] 木醋液显著提高了小白菜茎粗和根长，进而提高了小白菜产量，其中低肥力土壤施用 0.30%的木醋液效果最好，中肥力土壤施用 0.15%的木醋液效果最好，与对照相比分别将低、中肥力土壤小白菜鲜重提高了 57.78%和 46.06%。木醋液显著提高了土壤淀粉酶、脲酶、蛋白酶、磷酸酶、过氧化氢酶、脱氢酶活性；低肥力土壤的土壤肥力生物指数、酶活性指数在 0.30%的木醋液处理下最高，中肥力土壤在 0.15%的木醋液处理下最高。[结论] 木醋液可以作为辽西北地区低、中肥力土壤一种良好的土壤改良剂，用于提高土壤肥力，增加蔬菜产量。

关键词：木醋液；小白菜产量；土壤酶活性；低肥力土壤；中肥力土壤
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2018)05-0052-06 **中图分类号**：S156.2

文献参数：斯日木极，孔涛，郑爽，等.木醋液对辽西北低、中肥力土壤小白菜产量和土壤酶活性的影响[J].水土保持通报，2018，38(5)：52-57. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2018.05.009. Sirimuji，Kong Tao，Zheng Shuang，et al. Effect of wood vinegar on pakchoi yield and soil enzyme activities in low and medium fertility soil in northwest Liaoning Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2018，38(5)：52-57.

Effect of Wood Vinegar on Pakchoi Yield and Soil Enzyme Activities in Low and Medium Fertility Soil in Northwest Liaoning Province

Sirimuji[1], KONG Tao[1], ZHENG Shuang[1], NA Bingjing[2], LIN Jinyi[1], ZHANG Liansong[1], MENG Jiao[1]
(1. *College of Environmental Science and Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning* 123000, *China*; 2. *Experimental School of Zhangdang Economic Development Zone of Fushun City, Fushun, Liaoning* 113007, *China*)

Abstract: [Objective] To reveal the effect of wood vinegar concentration on soil enzymatic activities in order to determine the optimal application concentration of wood vinegar in low and medium fertility soils in Northwest Liaoning Province. [Methods] Pot experiments were conducted, and wood vinegar with different concentrations (0.10%, 0.15% and 0.30%) were selected. The agronomic indexes of pot grown pakchoi were determined and the soil enzyme activities were measured to evaluate the soil fertility quality. [Results] Wood vinegar significantly improved the stem diameter and the root length of pakchoi, and consequently increased the yield of pakchoi. Wood vinegar with 0.30% concentration showed the best effect in low fertility soil while wood vinegar with 0.15% concentration showed the best effect in medium fertility soil, and the fresh weight of pakchoi was increased by 57.78% and 46.06%, respectively, compared with the control. Wood vinegar also significantly enhanced the activities of soil amylase, urease, protease, phosphatase, catalase and dehydrogenase. Biological index of fertility and enzymatic activity number were the highest, in low fertility soil with 0.30% concentration of wood vinegar and in medium fertility soil with 0.15% concentration of wood vinegar. [Conclusion] Wood vinegar can be used as a good soil amendment to improve soil fertility and increase vegetable yield in Northwest Liaoning Province.

Keywords: **wood vinegar; pakchoi yield; soil enzyme activity; low fertility soil; medium fertility soil**

收稿日期：2017-04-13 **修回日期**：2017-05-17
资助项目：辽宁省高等学校基本科研项目“根系分泌物与松球壳孢菌协同致樟子松枯梢病的分子生态的研究”(LJ2017QL015)
第一作者：斯日木极(1997—)，男(蒙古族)，内蒙古自治区汉呼伦贝尔市人，本科生，研究方向为土壤生物学。E-mail：552081017@qq.com。
通讯作者：孔涛(1981—)，男(汉族)，陕西省渭南市人，博士后，副教授，主要从事土壤学研究。E-mail：kongtao2005@126.com。

木醋液是木材或木材加工废弃物在碳化或干馏过程中产生的烟气经冷凝回流和再分离得到的以乙酸为主并由醇、酚、酮、醛及其衍生物混合而成的有机副产品[1-2]。木醋液直接来源于木材,是一种绿色产品,在农业上有着广泛的用途。一方面,木醋液可以作为植物生长调节剂,同时具有防治虫害的作用[3];另一方面,木醋液也可以作为土壤改良剂,提高土壤肥力[4]。

土壤酶是土壤生态系统的重要组成成分,在土壤养分循环中起着重要作用,体现了土壤生物学活性,表征了土壤的综合肥力特征及土壤养分转化进程,可以作为衡量生态系统土壤质量变化的预警和敏感指标[5-6]。杜薇等[7]将木醋液应用于沙地土壤,测定了土壤酶活性,结果表明,不同稀释倍数的木醋液对酶活性有不同的影响。还有一些学者[8-10]测定了不同稀释倍数木醋液对盐碱土壤酶活性的影响,结果表明,不同盐碱地土层的木醋液适宜稀释倍数不相同,适宜浓度木醋液能够提高土壤酶活性。辽西北位于科尔沁沙地的南缘,属于半干旱地区,低、中肥力土地占绝大多数,而木醋液对低、中肥力土壤的改良效果有何区别,合适的木醋液浓度是多少,尚没有文献报道。本研究拟通过不同浓度木醋液对辽西北低、中肥力土壤盆栽小白菜产量、土壤酶活性的影响,明确木醋液应用于不同肥力土壤的合适浓度,揭示木醋液对土壤酶活性的影响,为木醋液应用于辽西北耕地土壤改良提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　材 料

试验土壤于 2016 年 3 月采自辽宁省阜新市九营子村。在采集该地土壤样品并进行土壤肥力测定的基础上,参照土壤有机质分级方法等,从中选出中、低土壤肥力的 2 个 100 m^2 的地块,取其 0—20 cm 耕层土壤,过 2 mm 筛,两种均属于棕壤土的土壤肥力性质见表 1;供试种子为速生小白菜种子;木醋液购自于河北唐山天地合能源有限公司,颜色为棕黄色,pH 值 4.5,有机碳含量为 30.48 g/L,有机物质中,有机酸含量为 27.63%,乙酸含量为 20.18%,酚类物质 32.41%,酮类 11.37%。

表 1　研究区不同肥力土壤性质

土壤肥力	有机质/(g·kg^{-1})	碱解氮/(mg·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})
低肥力	5.77	28.37	7.13	32.69
中肥力	13.32	62.88	19.45	76.22

1.2　试验设计

盆栽试验从 2016 年 4 月开始一直进行到 2017 年 10 月结束,共进行了 4 轮盆栽。每轮盆栽设置 8 组处理,包括 2 种肥力土壤:中肥力土和低肥力土,3 种浓度的木醋液:0.10%,0.15%,0.30%,以清水作为对照。每组处理设置 5 个重复。每盆装入过2 mm 筛的土样,放入小白菜种子,小白菜全部出苗后间苗,保持每盆 10 株小白菜。每 3 d 浇 1 次木醋液,各处理各盆之间用量相同,使田间持水量保持在 30%,栽植 75 d 后小白菜成熟。第 4 轮盆栽小白菜成熟后,收获小白菜,测定每盆小白菜的鲜重、株高、根长、茎粗,同时采集土样,测定土壤酶活性。

1.3　指标测定

淀粉酶(amylase, AM)活性采用二硝基水杨酸比色法[10]。土壤脲酶(urease, UR)活性采用苯酚钠—次氯酸钠比色法[11]。蛋白酶(protease, PR)活性采用茚三酮比色法[12]。磷酸酶(phosphatase,PA)活性采用对硝基苯磷酸二钠比色法[11]。过氧化氢酶(catalase, CA)活性采用容量法[13]。脱氢酶(dehydrogenase, DH)活性采用氯化三苯基四氮唑比色法[11]。

土壤肥力生物指数(biological index of fertility, BIF)的计算方法:

$$BIF=(1.5\times DH+k\times 100\times CA)/2 \quad (1)$$

式中:k——比例系数,一般取 0.01[14]。

酶活性指数(Enzyme activity number,EAN)的计算方法[14]:

$$EAN=0.2\times(0.15\times DH+CA+1.25\times 10^{-5}\times AP+4\times 10^{-2}\times PR+6\times 10^{-4}\times AM) \quad (2)$$

1.4　数据分析

所有土壤指标数据均在土壤烘干(105 ℃)重量的基础上进行计算。所有的试验数据应用 SPSS 17.0 软件进行方差分析,显著性差异比较;用 Excel 2007 进行绘图。

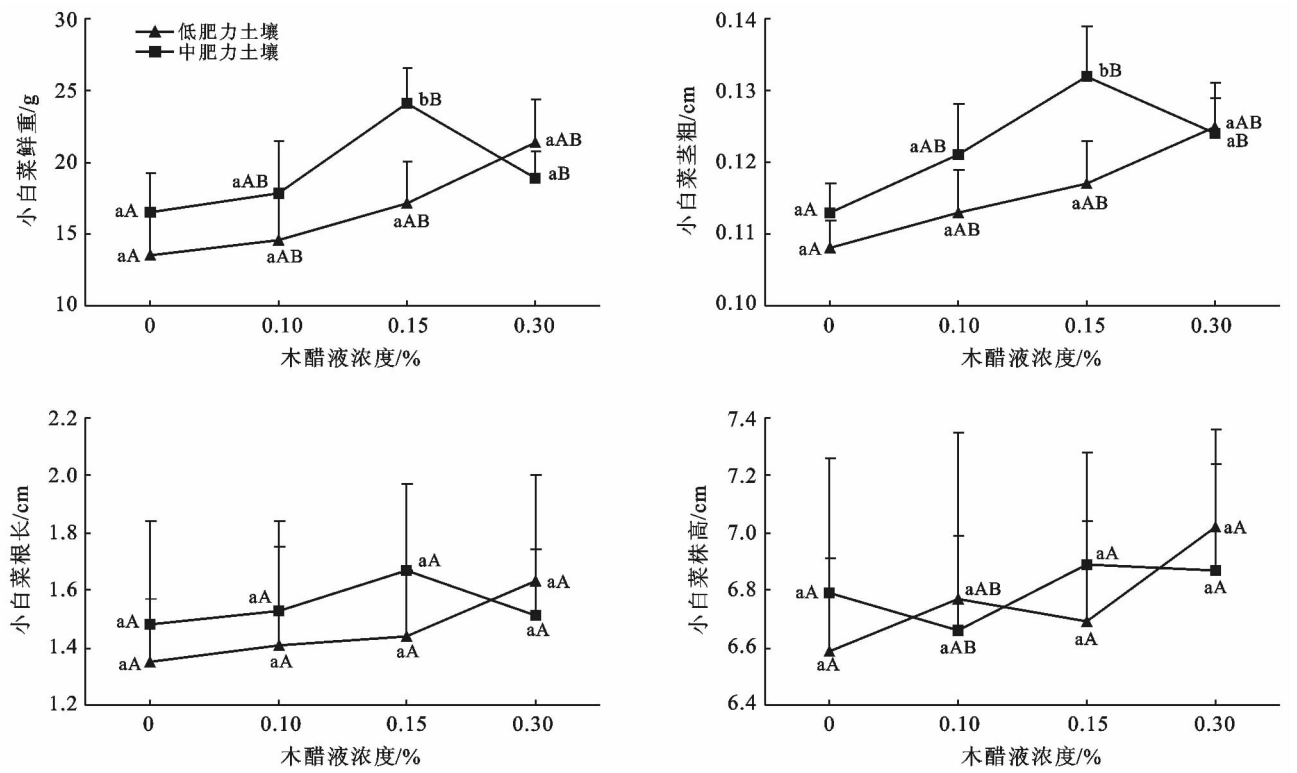
2　结果与分析

2.1　施用木醋液对盆栽小白菜农艺性状指标的影响

不同浓度木醋液对小白菜农艺性状指标的影响见图 1。对低肥力土壤而言,随着木醋液浓度的增加,小白菜鲜重、茎粗、根长不断增加,其中 0.30%的木醋液效果最好,与对照相比分别显著提高了 57.78%,15.74%,20.74%($p<0.05$);在施用各浓度木醋液下,小白菜株高在各浓度木醋液作用下没有明显规律。对中等肥力土壤而言,小白菜鲜重、茎粗、

根长随着木醋液浓度的增加呈现先增加后降低的趋势，其中 0.15%的木醋液效果最好，分别比对照显著提高了 46.06%，16.81%，12.84%（$p<0.05$）；与低肥力土壤一样，小白菜株高在各浓度木醋液作用下没有明显规律。木醋液促进小白菜产量增加主要在于其增加了小白菜的茎粗和根长，具有矮壮效果。低、中两种肥力的土壤进行比较，除了小白菜株高没有差异外，对照、0.10%，0.15%木醋液处理下，低肥力土壤的小白菜鲜重、茎粗、根长均低于中等肥力土壤，在 0.30%的木醋液作用下，低肥力土壤的小白菜此 3 个指标已达到中等肥力土壤水平。

从本研究的结果可以得出，不同肥力土壤上木醋液的最适用量不同，低肥力土壤需要较高浓度的木醋液，而中等肥力土壤中应用较高浓度木醋液则会产生抑制作用。潘洁等[14]和 Mungkunkamchao 等[15]的研究结果也表明，木醋液可以促进蔬菜生长、提高蔬菜产量，但是施用过量会产生抑制作用，用量过小促进效果则不明显，这与本研究的结果是一致的。



注：不同小写字母表示相同浓度木醋液不同肥力土壤之间在 0.05 水平下差异显著；不同大写字母表示相同肥力土壤不同浓度木醋液之间在 0.05 水平下差异极显著。下同。

图 1 木醋液对研究区低、中肥力土壤小白菜鲜重、茎粗、根长、株高的影响

2.2 施用木醋液对土壤酶活性的影响

木醋液对两种肥力土壤酶活性的影响如图 2 所示。与对照相比，不同浓度木醋液均显著提高了低、中两种肥力土壤的淀粉酶活性，而不同浓度之间土壤淀粉酶活性没有差异，低、中两种肥力土壤之间的淀粉酶活性也没有规律。淀粉酶可以把土壤中淀粉分子分解成单糖，有利于植物和土壤微生物吸收利用，其活性可反映土壤有机质积累与转化情况[16]。淀粉酶也能直接参与土壤有机质的转化过程，增加有机质积累与转化情况[17]。本研究结果表明，木醋液促进了低、中肥力土壤有机质的转化，增加了土壤中易溶物质的含量。

在低肥力土壤中，随着木醋液浓度升高，脲酶活性呈现先增加后保持稳定的趋势，蛋白酶活性则呈现不断增加的趋势，在 0.30%的木醋液处理下最高，比对照提高了 41.07%。在中肥力土壤中，脲酶活性和蛋白酶活性均随着木醋液浓度升高先增加后降低，其中 0.15%的木醋液处理下土壤脲酶和蛋白酶活性最高，比对照提高了 34.27%和 40.91%。两种肥力土壤之间相比较，中肥力土壤脲酶和蛋白酶活性总体高于低肥力土壤。土壤脲酶主要来源于动植物残体分解释放的酶和土壤微生物及植物根系的分泌物[18]。脲酶能促进尿素的分解，可以表征土壤氮素供应状况。蛋白酶是土壤有机氮水解为氨基酸过程中重要的酶[19]。蛋白酶能够分解蛋白质、肽类，参与调节生物的氮素代谢，是促进土壤氮循环的重要组分[20]。本研究结果表明，木醋液促进了低、中肥力土壤的氮素转化，增加了土壤氮素的供给。

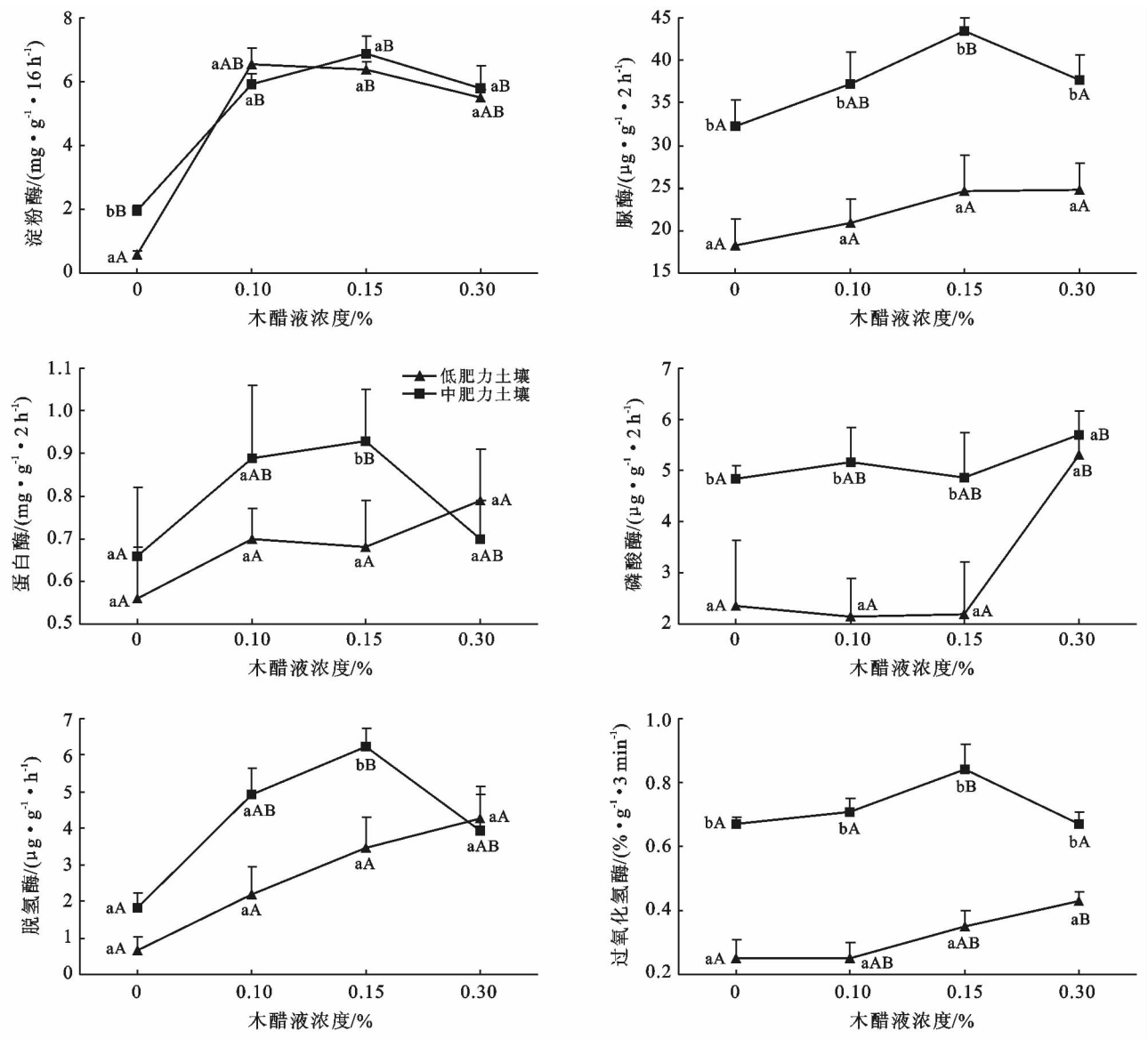


图 2　木醋液对研究区低、中肥力土壤酶活性的影响

土壤磷酸酶活性在低、中两种肥力土壤中具有相同的趋势,在对照,0.10%,0.15%木醋液处理下活性保持不变,0.30%木醋液处理下活性增加,分别比对照显著提高了 125.00%和 17.56%($p<0.05$)。两种肥力土壤之间相比较,在对照,0.10%,0.15%木醋液处理下低肥力土壤磷酸酶活性显著低于中肥力土壤($p<0.05$),0.30%木醋液处理下则达到了中肥力土壤水平。磷酸酶是土壤中广泛分布的一种水解酶,能够催化磷酸酯的水解反应[21],土壤磷酸酶在土壤磷素循环中也起着重要作用,其活性高低直接影响土壤有机磷的分解转化速率,常用来反映土壤有效磷转化方向和强度[22]。本研究结果表明 0.30%的木醋液能够促进土壤中磷素的转化,增加有效磷的供给。

木醋液处理下土壤的过氧化氢酶和脱氢酶活性呈现出相同的趋势。在低肥力土壤中,随着木醋液浓度升高,过氧化氢酶和脱氢酶活性呈现不断增加的趋势,在 0.30%的木醋液处理下达到最大,分别比对照显著提高了 72.00%和 537.31%($p<0.05$);中肥力土壤中,过氧化氢酶和脱氢酶活性均随着木醋液浓度升高先增加后降低,其中 0.15%的木醋液处理下土壤过氧化氢酶和脱氢酶活性最高,比对照提高了 25.37%和 243.41%。两种肥力土壤之间相比较,中肥力土壤过氧化氢酶和脱氢酶活性总体高于低肥力土壤。过氧化氢酶能酶促水解过氧化氢分解为水和氧的反应,解除过氧化氢对植物的毒害作用,可以用来表征土壤的生化活性和抗逆性[23]。脱氢酶能酶促有机物质脱氢,起着氢的中间转化传递作用,只存在于生活细胞内,已被普遍应用于评估土壤微生物代谢活性[24]。本研究结果表明,木醋液能够促进低、中肥力土壤的微生物活性,提高土壤的生物转化能力和抗逆性。

2.3 施用木醋液对土壤肥力的影响

酶活性指数(EAN)和土壤肥力生物指数(BIF)是土壤酶活性的综合性指标,能够表示土壤肥力状况。从图 3 可以看出,低肥力土壤中,随着木醋液浓度的升高,EAN 和 BIF 均增加,在 0.30%的木醋液处理下达到最高,分别比对照显著提高了 57.58%和 442.86%。中肥力土壤中,EAN 和 BIF 随着木醋液浓度升高先增加后降低,其中 0.15%的木醋液处理下最大,分别比对照显著提高了 50.61%和 197.06%($p<0.05$),在 0.30%木醋液处理下,EAN 和 BIF 开始降低,李忠徽等[25]将不同浓度木醋液施于娄土,结果表明,低中浓度木醋液对土壤肥力提高效果好,而高浓度效果不明显。两种肥力土壤之间相比较肥力提高效果对土壤,中肥力土壤 EAN 和 BIF 总体高于低肥力土壤。本研究结果表明,木醋液能够促进土壤的肥力水平,原因在于前述的木醋液增加了土壤易溶性有机物质、氮素和有效磷供给,提高了土壤生化活性和微生物代谢能力。胡春花等[26]将木醋液应用于设施蔬菜土壤中,结果表明,土壤肥力质量显著提高,这与本研究结果是一致的。

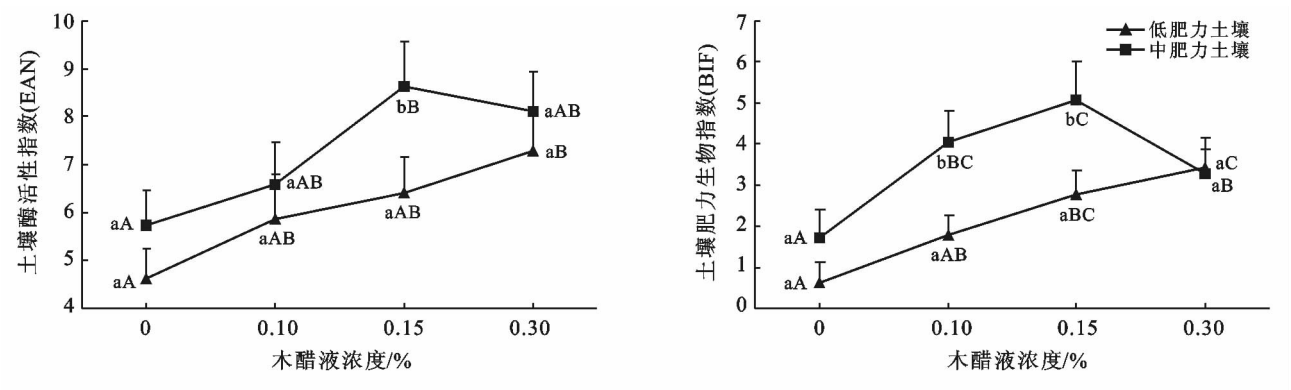


图 3 木醋液对研究区低、中肥力土壤酶活性指数(EAN)、生物肥力指数(BIF)的影响

低肥力土壤的肥力质量(BIF,EAN)在 0.30%的木醋液处理下最佳,而中肥力土壤则在 0.15%的木醋液处理下达到最大值,原因在于中肥力土壤比低肥力土壤的可利用养分含量高,因此所需的木醋液浓度比较低,而低肥力土壤需要较高浓度的木醋液才能使土壤可利用养分达到最佳。

3 结 论

(1) 木醋液能够促进低、中肥力土壤小白菜茎粗和根长的增长,进而提高了小白菜产量,而对小白菜株高没有显著的影响。其中 0.30%和 0.15%的木醋液分别对低肥力土壤和中肥力土壤中小白菜的增产效果最佳。

(2) 木醋液总体上促进土壤淀粉酶、脲酶、蛋白酶、磷酸酶、过氧化氢酶、脱氢酶的活性增加;木醋液能够提高土壤的酶活性指数和土壤生物肥力指数,提高土壤肥力,其中 0.30%和 0.15%的木醋液分别对低肥力土壤和中肥力土壤肥力的提升效果最佳。

(3) 不同浓度木醋液处理下低肥力土壤的小白菜产量指标、酶活性和酶活性综合指标总体小于木醋液处理下中肥力土壤。木醋液可以作为低、中肥力土壤一种良好的改良剂,用于提高土壤肥力,增加蔬菜产量。

[参 考 文 献]

[1] 平安,杨国亭,于学军. 木醋液在农业上的应用研究进展[J]. 中国农学通报,2009,25(19):244-247.

[2] Togoro A H, Cazetta J O. Chemical changes in an oxisol treated with pyroligneous acid[J]. Ciencia E Agrotecnologia, 2014,38(2):113-121.

[3] 秦军,段海涛,王新军. 木醋液对设施蔬菜生长调节效果研究[J]. 农业与技术,2016,36(16):11-12.

[4] 周红娟,耿玉清,丛日春,等. 木醋液对盐碱土化学性质、酶活性及相关性的影响[J]. 土壤通报,2016,47(1):105-111.

[5] 万忠梅,宋长春. 土壤酶活性对生态环境的响应研究进展[J]. 土壤学报,2009,40(4):951-956.

[6] 赵燕娜,廖超英,李晓明. 毛乌素沙地 4 种固沙植物根际与非根际土壤生物学特性[J]. 干旱区研究,2015,32(4):680-686.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 刘敏,耿玉清,丛日春,等. 添加木醋液对盐碱土酶活性的影响[J]. 中国水土保持科学,2015,13(6):112-117.

[10] Narasimha G, Sridevi A, Reddy A V S, et al. Effect of cotton ginning mill industrial effluents on soil dehydro-

genase, phosphatase, amylase and invertase enzyme activities [J]. International Journal of Agricultural and Food Science,2012,2(1):1-6.

[11] Emami S, Pourbabaee A A, Alikhani H A. Effect of paraffin on the urease activity of soil[J]. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 2013,3(15):1526-1529.

[12] Shahriari F, Higashi T, Tamura K. Effects of clay addition on soil protease activities in andosols in the presence of cadmium[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 2010,56(4):560-569.

[13] Kizilkaya R, Akca I, Askin T. Effect of soil contamination with azadirachtin on dehydrogenase and catalase and catalase activity of soil [J]. Eurasian Journal of Soil Science, 2012,24(2):98-103.

[14] 潘洁,肖辉,程文娟,等. 木醋液土壤灌溉对土壤养分、番茄产量及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(2):61-64.

[15] Mungkunkamchao T, Kesmala T, Pimratch S, et al. Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato(*Solanum lycopersicum* L.)[J]. Scientia Horticulturae, 2013,154(2):66-72.

[16] 张超,刘国彬,薛萧,等. 黄土氏陵区不同林龄人工刺槐林土壤酶演变特征[J]. 林业科学,2010,46(12):23-29.

[17] 叶存旺,翟巧绒,郭梓娟,等. 沙棘一侧柏混交林土壤养分、微生物与酶活性的研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(5):1-6.

[18] 杨万勤,宋光煌,韩玉萍. 土壤生态学的理论体系及其研究领域[J]. 生态学杂志,2000,18(4):53-56.

[19] 张威,张明,张旭东,张乐,等. 土壤蛋白酶和芳香氨基酶的研究进展[J]. 土壤通报,2008(6):1468-1474.

[20] Kamimura Y, Hayano K. Properties of protease extracted from tea-field soil. [J]. Biology & Fertility of Soils, 2000,30(4):351-355.

[21] 钱洲,俞元春,俞小鹏,等. 毛乌素沙地飞播造林植被恢复过程土壤酶活性的变化[J]. 水土保持研究,2014,21(6):95-100.

[22] 余娜,刘济明,张超,等. 不同沙生植被土壤酶活性分异特征研究[J]. 水土保持研究,2010,17(1):77-79.

[23] 王兵,刘国彬,薛芝,等. 黄土丘陵区撂荒对土壤酶活性的影响[J]. 草地学报,2009,17(3):282-287.

[24] Alef K,Nannipieri P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry[M]. London: Academic Press, 1995:46-52.

[25] 李忠徽,王旭东. 灌施木醋液对土壤性质和植物生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,27(2):510-516.

[26] 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.

(上接第 51 页)

[21] 陈欢,王淑娟,陈昌和,等. 烟气脱硫废弃物在碱化土壤改良中的应用及效果[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(4):38-42.

[22] 李焕珍,徐玉佩,杨伟奇,等. 脱硫石膏改良强度苏打盐渍土效果的研究[J]. 生态学杂志,1999,18(1):25-29.

[23] 王金满,杨培岭,石懿,等. 脱硫副产物对改良碱化土壤的理化性质与作物生长的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(3):34-37.

[24] 张峰举,许兴,肖国举. 脱硫石膏对碱化土壤团聚体特征的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(6):108-114.

[25] 王金满,白中科,叶驰驱,等. 脱硫石膏与微生物菌剂联合施用对盐碱化土壤特性的影响[J]. 应用基础与工程科学学报,2015,23(6):1080-1087.

[26] 回振龙,李自龙,刘文瑜,等. 黄腐酸浸种对 PEG 模拟干旱胁迫下紫花苜蓿种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 西北植物学报,2013,33(8):1621-1629.

[27] 李志洪,李翠兰,王淑华,等. 有机、无机复合肥及调节剂对玉米根系生长和根际效应的影响[J]. 吉林农业大学学报,2004,26(2):165-169.

[28] 王金满,杨培岭,任树梅,等. 烟气脱硫副产物改良碱性土壤过程中化学指标变化规律的研究[J]. 土壤学报,2005,42(1):98-105.

[29] 张俊华,孙兆军,贾科利,等. 燃煤烟气脱硫废弃物及专用改良剂改良龟裂碱土的效果[J]. 西北农业学报,2009,18(5):208-212.

[30] 段雪娇. 微生物菌剂对水稻土土壤微生物数量及酶活性的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2015.