

木醋液土壤灌溉对土壤养分、番茄产量及品质的影响

潘洁¹, 肖辉¹, 程文娟¹, 王立艳¹, 陆文龙²

(1. 天津市农业资源与环境研究所, 天津 300192; 2. 天津市农业科学院, 天津 300192)

摘要: 采用田间小区试验, 研究了木醋液不同灌溉量对土壤养分、盐碱和番茄产量及品质的影响。结果表明, 土壤灌溉木醋液可提高土壤碱解氮、速效钾、有效磷含量, 且使用量越大, 效果越明显, 其中有效磷含量增加最为显著, 与对照相比可提高 9.27% ~ 25.51%; 木醋液也可提高土壤有机质及全盐含量, 但与对照相比差异不显著; 木醋液还可降低土壤 pH 值, 与对照相比可降低 0.14 ~ 0.27 个单位。木醋液低 [2.25 t/(次·hm²)]、中 [4.50 t/(次·hm²)] 用量能显著提高番茄株高、增加产量, 其中低用量效果最好, 与对照相比可提高株高 10.53%, 增加产量 11.52%; 高用量 [7.50 t/(次·hm²)] 对番茄生长具有一定抑制作用。木醋液可提高番茄可溶性糖含量 5.27% ~ 10.28%, 提高 Vc 含量 3.46% ~ 17.15%, 降低硝酸盐含量 4.25% ~ 15.33%, 对有机酸含量影响不明显。综上所述, 建议设施土壤番茄季木醋液灌溉量为 2.25 ~ 4.50 t/(次·hm²) 为宜。

关键词: 木醋液; 土壤养分; 番茄; 产量; 品质

中图分类号: S158.3; S641.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257(2016)02-0061-05

木醋液是农业废弃物(秸秆、木屑等)转化生物炭(高温厌氧)过程中, 经冷凝产生的一种液体物质, 该物质含有酸、醇、酚、酯、羰基类及呋喃类等约 500 种有机成分^[1-2]。农业生产上可作为植物生长促进剂、土壤改良剂、抗菌剂、杀虫剂、驱避剂、消臭剂、饲料添加剂、有机肥发酵剂等使用^[3]。日本在 20 世纪 60 年代就开始了木醋液的农业应用研究, 已开发出许多不同用途的专用木醋液^[4]。我国对木醋液开发和应用研究起步较晚, 始于 20 世纪 80 年代末期, 研究主要集中在木醋液的采集、精制^[5]、组分分析^[6]、抑菌效果^[7]以及在蔬菜、大田作物、食用菌上应用方面。农业应用效果表明, 一定浓度木醋液灌溉或叶面喷施, 可促进种子萌发^[8]、增加株高、提高产量^[9-10]、改善品质^[11]、降低病虫害发病率^[12-13], 降低土壤 pH 值、提高土壤 EC 值^[10], 效果显著。针对木醋液的农田应用虽然开展了大量研究, 但对于设施条件下灌溉木醋液对土壤养分变化的影响研究较少, 鲜见系统研究木醋液灌溉下土壤、蔬菜、品质变化的报告。本文以设施番茄为例, 通过灌溉不同用量的木醋

液, 研究木醋液对土壤养分、盐碱、番茄生长、产量及品质的影响, 以期在木醋液在设施土壤中合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点在天津市西青区辛口镇第六埠村, 典型日光温室, 供试土壤类型为潮土, 质地为中壤土。试验前土壤基本性状: 表层(0 ~ 20 cm)土壤有机碳含量 46.59 g/kg; 碱解氮 152.3 mg/kg; 有效磷(P) 349.6 mg/kg; 速效钾(K) 247.1 mg/kg; pH 值 8.05。试验时间为 2012 年 2 月 8 日至 2012 年 7 月 5 日。

1.2 供试木醋液

木醋液由棉花秸秆厌氧烧制(400 ~ 500℃)过程中冷却生成, 去除焦油和沉淀后, 形成本试验供试产品。全氮 1.07 g/kg, 全磷(P₂O₅) 0 g/kg, 全钾(K₂O) 0.02 g/kg, pH 值 6.47。

1.3 试验设计

试验设 4 个处理, 分别为 CK: 农民习惯; T1: 木醋液 2.25 t/(次·hm²); T2: 木醋液 4.50 t/(次·hm²); T3: 木醋液 7.50 t/(次·hm²)。每个处理重复 3 次, 随机区组排列, 小区面积 8.4 m²。种植蔬菜为番茄。木醋液全生育期灌溉 3 次, 分别为整地前 2012 年 2 月 8 日撒施 1 次, 生育期内 3 月

收稿日期: 2015-02-12; 最后修订日期: 2015-03-31

基金项目: 天津市农业科技成果转化与推广项目(201102070);

国家科技支撑计划项目(2008BADA4B05)。

作者简介: 潘洁(1968-), 女, 江苏溧阳人, 学士, 研究员, 主要从事土壤水肥管理研究。E-mail: panjie123@aliyun.com。

30 日、5 月 18 日随水灌溉 2 次。灌溉量按各处理定量进行。化肥施用量 N 300 kg/hm², P₂O₅ 225 kg/hm², K₂O 375 kg/hm², 农家肥 15 t/hm²。日常管理同农民习惯。

土壤样品在蔬菜收获后的表层土壤 (0 ~ 20 cm) 采集。番茄在盛果期采集, 测定品质指标, 番茄植株拉秧前取各小区位置相对一致的植株 20 棵测定株高, 统计全小区最终产量。

1.4 测定方法及数据处理

全盐采用土水比 1:5 浸提, 烘干残渣质量法; pH 值采用土水比 1:2.5 浸提, 玻璃电极法; 有机质采用重铬酸钾 - 硫酸氧化, 硫酸亚铁滴定法; 土壤碱解氮采用扩散吸收法; 土壤有效磷采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提 - 比色法 (紫外可见分光光度计 GENESY5); 土壤速效钾采用醋酸铵浸提 - 火焰光度计法 (火焰光度计 FP6410); V_c 采用 2, 6 - 二氯酚酚滴定法; 可溶性糖采用蒽酮比色法; 有机酸采用滴定法; 硝酸盐采用蒸馏水浸提 - 紫外分光光

度法。
数据统计采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 施用木醋液对土壤基本性状的影响

设施土壤中施用木醋液, 可活化土壤养分, 提高速效养分含量 (表 1)。其中木醋液对有效磷的活化效果最为明显, T1、T2、T3 处理分别比对照高出 9.27%、9.46%、25.51%, 且各木醋液处理与对照之间的差异均达显著水平, T1、T2 处理之间差异不显著, 但均与 T3 处理差异达显著水平。土壤速效钾含量也随木醋液用量的增加而上升, T1、T2、T3 处理分别比对照高出 5.40%、6.44%、10.95%, T1、T2 处理与 CK 之间差异不显著, 但 T3 处理与 CK 之间的差异达显著水平。施用木醋液虽然对土壤碱解氮、有机质含量影响不显著, 但随使用量的增大, 含量有上升趋势。

表 1 施用木醋液对土壤基本性状的影响

处理	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效钾 (K mg/kg)	有效磷 (P mg/kg)	全盐 (g/kg)	pH 值
CK	71.23a	153.9a	251.2b	306.5c	1.61a	7.95a
T1	72.32a	155.0a	264.8ab	334.9b	1.67a	7.81ab
T2	72.04a	156.8a	267.4ab	345.5b	1.76a	7.75bc
T3	73.14a	164.1a	278.7a	384.7a	1.79a	7.68c

注: 同列数据后不同小写字母表示经 LSD 检验差异达 5% 显著水平。下同。

随木醋液使用量的增大, 土壤全盐含量也呈现上升趋势, 即处理 T3 > T2 > T1 > CK, 但各处理间的差异均不显著。土壤 pH 值随木醋液使用量的增大而逐渐降低, 各处理高低顺序为 CK > T1 > T2 > T3, T1、T2、T3 与 CK 相比分别降低 0.14、0.20、0.27 个单位, T1 与 CK 之间差异不显著, 但 T2、T3 与 CK 之间差异均达显著水平, T3 与 T1 之间差异也达显著水平, 表明土壤灌溉木醋液可显著降低土壤 pH 值。

2.2 施用木醋液对番茄株高及产量的影响

适量灌溉木醋液能促进番茄生长, 提高番茄株高 (图 1)。各处理株高高低顺序为 T1 > T2 > CK > T3, T1、T2、T3 分别比 CK 高出 10.53%、6.14% 及 -1.75%, T1、T2 两处理之间差异不显著, 但均与 CK、T3 之间差异达显著水平, T3 与 CK 之间差异不显著, 表明低量木醋液灌溉可促进番茄生长, 但用量过高时对番茄生长会产生抑制作用。

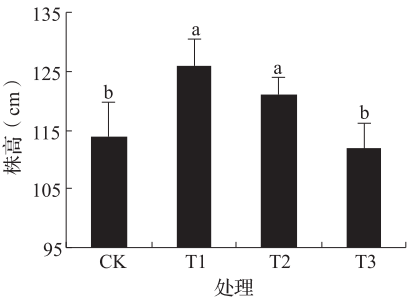


图 1 施用木醋液对番茄株高的影响

注: 图柱上不同小写字母表示经 LSD 检验差异达 5% 显著水平。下同。

各处理产量高低顺序为 T1 > T2 > CK > T3 (图 2), T1、T2 分别比 CK 高出 11.52% 及 6.54%, 与 CK 之间的差异均达显著水平, 且 T1、T2 之间的差异也达到了显著水平; 高量木醋液处理 T3 与 CK 相比产量有所下降, 但与对照之间差异不显著。表明低、中量木醋液灌溉增产效果明显, 但木醋液用量过大, 反而会造成番茄减产。

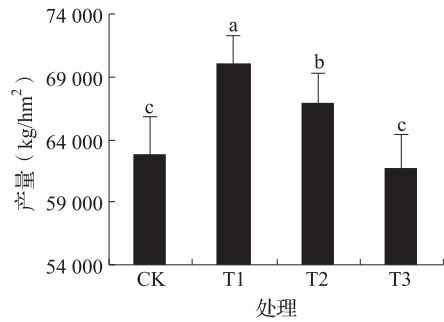


图2 施用木醋液对番茄产量的影响

2.3 施用木醋液对番茄品质的影响

木醋液可增加番茄可溶性糖含量,且施用量越大,效果越明显(表2)。各处理高低顺序为 T3 > T2 > T1 > CK, T3、T2、T1 与 CK 相比分别高出 10.08%、8.74% 及 5.27%,且与 CK 之间差异均达显著水平;T3 与 T2 之间差异不显著,但与 T1 之间差异达显著水平;T2、T1 之间差异不显著。木醋液对番茄有机酸含量的影响不明显,各处理之间差异不显著。各处理糖酸比高低顺序为 T2 > T3 > T1 > CK,表明木醋液可明显提高番茄口感,且中、高用量效果较佳。

表2 施用木醋液对番茄品质的影响

处理	可溶性糖 (%)	有机酸 (%)	Vc (mg/100 g)	硝酸盐 (mg/kg)
CK	3.93c	0.396a	15.04b	242.8a
T1	4.14b	0.394a	17.62a	205.6c
T2	4.27ab	0.387a	17.25a	219.7bc
T3	4.33a	0.400a	15.56b	232.5ab

木醋液可提高番茄 Vc 含量,各处理高低顺序为 T1 > T2 > T3 > CK,且 T1、T2、T3 与 CK 相比分别高出 17.15%、14.70% 及 3.46%,T1、T2 之间差异不显著,但均与 CK、T3 差异达显著水平,T3、CK 之间差异不显著。表明低、中用量木醋液对提高番茄 Vc 含量效果显著,高用量效果欠佳。

土壤灌溉木醋液还可降低番茄硝酸盐含量,各处理高低顺序为 CK > T3 > T2 > T1, T1、T2、T3 与 CK 相比分别降低 15.33%、9.53% 及 4.25%,T1、T2 与 CK 之间差异均达显著水平,T1、T2 之间差异不显著,但 T1 与 T3 之间差异达显著水平,T3 与 CK 之间差异不显著。表明低、中用量木醋液可显著降低番茄硝酸盐含量,但用量过高时效果降低。

3 讨论

土壤灌溉木醋液可提高土壤碱解氮、速效钾、有效磷及有机质含量,其中有效磷增加幅度最为明显,原因可能为木醋液呈酸性,且含有大量的有机活性分子^[10,14],施入土壤后可降低土壤 pH 值,促进土壤胶体之间离子迁移,使原本固定的养分得到了释放,增加了原有养分的活性,因此土壤养分随木醋液使用量的增大均呈上升趋势。本试验供试土壤呈碱性,磷素多以固定态存在^[15],活性较小,施用木醋液后土壤 pH 值下降,活性升高,因此土壤有效磷含量增加明显,与对照相比差异达显著水平。土壤碱解氮、速效钾随木醋液施用量的增大而上升,原因除木醋液对养分的活化外,还可能因木醋液本身含有少量的氮和钾,随施用量的增大带入的养分量也增大(以 T3 为例,全生育期木醋液带入 N 24.08 kg/hm²、K₂O 0.45 kg/hm²),因此均有上升趋势;但碱解氮、速效钾(中、低量)与对照相比差异不显著,原因可能为氮、钾本身迁移能力强、活性高,木醋液活化效果不明显,且木醋液本身养分含量低,带量有限,因此与对照之间差异不显著。木醋液含有机酸、酚类、醇类和酮类等有机化合物,灌溉土壤后可提高土壤有机质含量^[10],但多数的有机成分稳定性不高,易于矿化,致使与对照之间差异不显著。木醋液呈酸性,因此施入土壤后可降低土壤 pH 值,且用量越大,效果越明显。土壤 pH 值下降,致使原先被土壤固定的离子如钙离子、磷酸根离子等被活化,因此,土壤可溶性盐含量增加。

木醋液可促进蔬菜生长、提高蔬菜产量,但用量过大会产生抑制作用,用量过小促进效果不明显^[10,16]。本试验结果与前人研究结果基本一致,木醋液低、中用量能显著提高番茄株高、增加产量,其中低用量 T1 [2.25 t/(次·hm²)] 效果最好,与对照相比可提高株高 10.53%,增加产量 11.52%;木醋液高用量 T3 [7.50 t/(次·hm²)] 与对照相比虽然差异不显著,但对番茄生长也产生了一定抑制作用,株高、产量分别降低 1.75% 和 1.82%。原因可能为木醋液是多种有机物的混合体,既含有促进植物生长的有益成分(如戊酸甲酯、甲酸甲酯、乙酸甲酯等),又有抑制生长的不利成分(如苯酚、部分酮类),当木醋液用量过大时,抑制成分浓度增大,进而对番茄生长产生抑制作用;另一方面,

当用量过大时,有机酸总浓度偏高,也可能对植物生长产生抑制作用。

木醋液可提高番茄可溶性糖含量且用量越大效果越明显,原因可能是木醋液中含有促进糖分转化的成分,促进了糖分累积。低、中用量木醋液可显著提高 Vc 含量,降低硝酸盐含量,但高量处理效果较差,原因可能是低、中用量木醋液处理在活化土壤养分的同时,促进了番茄生长,使番茄对有益成分的吸收更加均衡,因此品质较好;高用量处理虽然对土壤养分的活化能力更强,但有害物质积累量大,对植物生长产生了抑制作用,有益元素吸收不均衡,致使品质下降。

本试验对设施土壤木醋液灌溉条件下土壤养分、盐碱、番茄产量及品质的变化进行了研究,但不同蔬菜品种、不同土壤条件(如酸性土壤),结果可能会有差异。另外,木醋液活化土壤养分、提高蔬菜品质的机理还需进一步研究。

4 结论

木醋液能提高土壤碱解氮、速效钾、有效磷含量,尤其对有效磷活化效果最为明显,与对照相比可提高有效磷含量 9.27% ~ 25.51%;木醋液还可降低土壤 pH 值,用量越大,效果越明显。

木醋液低、中用量能显著提高番茄株高、增加产量,其中低用量 [2.25 t/(次·hm²)] 效果最好,与对照相比可提高株高 10.53%,增加产量 11.52%;木醋液高用量 [7.50 t/(次·hm²)] 对番茄生长具有一定抑制作用,株高、产量分别降低 1.75% 和 1.82%。

木醋液可提高番茄可溶性糖含量 5.27% ~ 10.28%,提高 Vc 含量 3.46% ~ 17.15%,降低硝酸盐含量 4.25% ~ 15.33%,对有机酸含量影响不明显。

综上所述,建议设施土壤番茄季木醋液灌溉量

为 2.25 ~ 4.50 t/(次·hm²) 为宜。

参考文献:

- [1] 朴哲,闫吉昌,崔香兰,等.木醋液的精制及有机成分研究[J].林产化学与工业,2003,23(2):17-20.
- [2] 徐社阳,陈就记,曹德榕.木醋液的成分分析[J].广州化学,2006,(3):28-31.
- [3] 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,(19):244-247.
- [4] 王海英,杨国亭,周丹,等.木醋液研究现状及其综合利用[J].东北林业大学学报,2004,35(5):54-57.
- [5] 周岭,蒋恩臣,张强,等.木醋液的精制方法及其在农林生产上的应用[J].可再生能源,2007,25(4):56-60.
- [6] 王海英,杨国亭.三种木醋液基本参数和组分分析[J].国土与自然资源研究,2005,(4):91-92.
- [7] 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):815-820.
- [8] 马承惠,王振宇.木醋液对华北落叶松种子催芽研究[J].中国科技信息,2005,(12):66.
- [9] 黄文,应芳卿,黄晓燕,等.木醋液作灌根对番茄生长发育和产量的影响[J].北方园艺,2010,(24):37-38.
- [10] 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,2014,20(2):510-516.
- [11] 魏泉源,刘广青,魏晓明,等.木醋液作为叶肥施用对芹菜产量及品质的影响[J].中国农业大学学报,2009,14(1):89-92.
- [12] 杜相革,曲再红.土壤添加剂和土壤微生物与番茄早疫病相互关系[J].中国农学通报,2004,20(6):69-70,109.
- [13] 孙剑华,沈晓昆,陈永宁.竹(木)醋液与不同农药混配在蔬菜病虫害防治中的应用[J].长江蔬菜,2008,(6):87-89.
- [14] 平安.木醋液在农业上的应用及作用机理研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2010.
- [15] 吴曦,陈明昌,杨治平.碱性土壤施硫磺对油菜生长、土壤 pH 和有效磷含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(4):671-677.
- [16] 张琳,董琳,王甲辰,等.木醋液作为叶面施用对西红柿长势及品质的影响[J].北京农业,2010,(30):58-62.

Effect of wood vinegar on soil nutrient, tomato yield and quality

PAN Jie¹, XIAO Hui¹, CHENG Wen-juan¹, WANG Li-yan¹, LU Wen-long² (1. Tianjin Institute of Agricultural Resources and Environment, Tianjin 300192; 2. Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300192)

Abstract: A field plot experiment was conducted to study the effect of wood vinegar on soil nutrient, salt, tomato yield and quality in greenhouse. The result showed that wood vinegar improved soil available nitrogen, available potassium and available phosphorus content, and the more wood vinegar used, the effects were more obvious, especially for in the available phosphorus which was increased by 9.27% ~ 25.51% than that of the control. Soil organic matter and total salt content were also improved by using wood vinegar, but was not significant compared with the control. Wood vinegar reduced soil pH by 0.14 ~ 0.27. The

[下转第 77 页]

- 739–744.
- [15] 凌启鸿. 作物群体质量 [M]. 上海: 上海农业科技出版社, 2000.
- [16] 陈丽楠, 彭显龙, 刘元英, 等. 养分管理对寒地水稻干物质积累及运转的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2010, 41 (5): 52–55.
- [17] 彭显龙, 刘元英, 罗盛国, 等. 实地氮肥管理对寒地水稻干物质积累和产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2006, 39 (11): 2286–2293.
- [18] 冯洋, 陈海飞, 胡孝明, 等. 高、中、低产田水稻适宜施氮量和氮肥利用率的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20 (1): 7–16.
- [19] 李景波, 苏乐旺, 付立东. 氮素基肥穗肥不同施入比例对水稻产量及氮磷吸收量的影响 [J]. 农业工程, 2011, 1 (4): 84–87.

The relationship between N rate as basal and tillering fertilizer and rice yield, N uptake in Cold Area

PENG Xian-long¹, PAN Xin-jie¹, QIN Ying-chun¹, SU Dong-hang¹, MA Xin¹, LÜ Di¹, YU Cai-lian^{2*} (1. Resource and Environment College, Northeast Agricultural University, Harbin Heilongjiang 150030; 2. College of Chemical and Environmental Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin Heilongjiang 150040)

Abstract: In 2011 and 2012, plot experiments with the same N rate as panicle ($35 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) were conducted to elucidate the effect of N rate as basal and tillering fertilizer (NBT) on yield and N fertilizer use efficiency. N rates as basal and tillering fertilizer were 0, 30, 65, 85 and $115 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. Dry matter accumulation, N uptake, N fertilizer use efficiency and yield of rice were measured. The results showed that there were positive correlation between NBT and dry matter accumulation or N uptake before heading stage or jointing stage ($P < 0.05$); correlations between NBT and dry matter accumulation or nitrogen accumulation after heading or from heading to maturation were explained by quadratic curve significantly ($P < 0.05$), so too high NBT couldn't increase the dry matter accumulation and nitrogen uptake after heading. There were quadratic curve relationship between NBT and rice yield. The harvest index and N fertilizer agronomic efficiency firstly increased, then decreased with the increase of NBT. The NBT and nitrogen uptake efficiency or partial factor productivity of applied N showed an obviously negative correlation ($P < 0.05$). Yield and N uptake was higher in the 2012 than 2011 due to higher temperature. Appropriate NBT was about $64 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ in the soil with medium fertility. Although rice yield didn't decreased with increase of NBT, nitrogen use efficiency was reduced because of higher N loss. Appropriate NBT was the key of high yield combined with high nitrogen efficiency.

Key words: cold area; rice; basal and tillering N fertilizer; yield; nitrogen use efficiency

[上接第 64 页]

low and middle amount of wood vinegar significantly increased the amount of plant height and yield. The low amount of wood vinegar was best, in which plant height and yield were increased by 10.53% and 11.52%, respectively. However, applying wood vinegar with high amount inhibited the growth of tomato. Applying wood vinegar increased tomato soluble sugar content from 5.27% to 10.28%, enhanced Vc content from 3.46% to 17.15%, reduced nitrate content from 4.25% to 15.33%, but there was no significant effect on the organic acids content. In summary, the proposed irrigation amount of wood vinegar was $2.25 \sim 4.50 \text{ t} / (\text{times} \cdot \text{hm}^2)$ in greenhouse soil at tomato season.

Key words: wood vinegar; soil nutrient; tomato; yield; quality