

喷施废菌棒木醋液对小白菜生长和品质的影响

王晓朋¹, 张红雪¹, 胡 坤¹, 朱巧莲¹, 毛艳玲^{1, 2*}

(1. 福建农林大学资源与环境学院, 土壤生态系统健康与调控福建省高校重点实验室, 福建 福州 350002; 2. 自然生物资源保育利用福建省高校工程研究中心, 福建 福州 350002)

摘 要: 为研究废菌棒所制木醋液对蔬菜生长和品质的影响, 以稀释 100、300、500、700 倍木醋液进行小白菜叶面喷施试验, 测定不同处理对小白菜及土壤各项指标的影响。结果表明: 不同稀释倍数的废菌棒木醋液均能提高小白菜株高和鲜重, 提高 Vc 含量, 促进还原性糖的积累和降低硝酸盐含量; 稀释 500 倍木醋液对小白菜品质效果最显著, Vc 和可溶性糖含量分别提高 31.56%、31.55%, 硝酸盐降低 37.77%; 喷施稀释 100 倍木醋液对土壤 pH 值、速效钾、有效磷和碱解氮均有显著效果; 废菌棒木醋液中主要有机成分有 37 种, 分别是有机酸类、酮类、酚类、醇类等。

关键词: 木醋液; 废菌棒; Vc; 硝酸盐; 有机成分

木醋液是木材及木材加工剩余物、农业废弃物等植物性原料在高温热解炭化过程中产生的气体经冷凝回流得到具熏臭味、赤褐色的液体, 其成分复杂, 含有酸、醛、酚、脂、酮、醇类等多种有机质成分^[1-2]。木醋液的原料来源广泛且成本低廉, 树枝、果壳、玉米芯、稻壳等都可用来制取木醋液; 从 1965 年起日本政府开始资助木醋液开发和应用研究^[3], 中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, 主要集中在木醋液的制取、精制和成分研究上。木醋液目前主要应用在杀菌消毒、改善土壤环境、促进作物生长、抑制病害发生等方面。木醋液制作原材料的不同, 其成分也有所差异, 作用效果也将有所不同^[4]。李忠徽等^[5]研究表明, 稀释 5 倍以下的苹果树等杂木所制木醋液对辣椒产生毒害作用, 稀释 50 倍以上可以促进辣椒生长, 并增加其产量; 韦强等^[6]研究则表明, 用稀释 200 倍竹醋液灌根的综合处理方法, 能够有效地促进黄瓜叶片、茎粗和株高的生长。

中国是食用菌生产大国, 不仅栽培面积广

泛, 而且总产量居于世界前列。2014 年中国食用菌的生产总量达 3 270 万 t, 占世界食用菌总产量的 75% 以上。如此大的食用菌产量导致每年数亿袋的废菌棒被焚烧或作为垃圾丢弃, 造成严重的环境污染和资源浪费。本研究以食用菌废菌棒为原料, 采用便携式生物质炭化机制备生产木醋液, 通过小白菜盆栽试验研究不同浓度木醋液对小白菜生长和品质的影响, 以期探索发展木醋液在生态农业方面应用和废菌棒的综合利用提供技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

室内试验于 2017 年 11 ~ 12 月在福建农林大学进行。

1.2 试验材料

木醋液制备: 本研究选用福建省古田县的香菇废菌棒, 经烘干、粉碎, 过筛 (1 cm) 后, 采用便捷式生物质炭化机在 500℃ 高温条件下炭化 2 h 产生混浊液体, 即粗木醋液。粗木醋液静置 1 个月产生分层, 虹吸中层澄清液体, 加 5% 质量分数的活性炭震荡 30 min, 过滤后密封保存在棕色试剂瓶。木醋液基本性质: pH 值 4.07, 密度为 1.02 g/cm³, 有机酸含量为 3.48%, 全钾含量为 3.03 mg/L。

供试土壤: 红壤取自福建省诏安县 (北纬 23° 35' ~ 24° 11', 东经 116° 55' ~ 117° 22'), 年平均气温 21.3℃, 年降水量 1447.5 mm, 无霜期 360

收稿日期: 2019-08-15; 录用日期: 2019-09-09

基金项目: 校科技创新专项基金项目 (CXZX2017226); 福建省科技厅重大专项专题项目 (2017NZ0001); 福建省科技厅高校产学研合作项目 (KJb16003A)。

作者简介: 王晓朋 (1993-), 男, 山东青岛人, 硕士研究生, 主要从事生物炭及其副产物的综合应用研究。E-mail: 846250802@qq.com。

通讯作者: 毛艳玲, E-mail: fafum@126.com。

d. 经自然风干后, 除去石块、石砾、动植物残体等杂物, 粉碎过 2 mm 筛备用, 初始土壤基本性质: 有机质 10.12 g/kg, 碱解氮 125.25 mg/kg, 有效磷 22.21 mg/kg, 速效钾 70.31 mg/kg, pH 值 5.28。

供试蔬菜: 小白菜, 品种是‘四季 536 快菜’。

1.3 试验设计

试验采用室内盆栽试验, 所用盆规格 (口径 20 cm, 高 15 cm, 底径 16 cm), 装 2.5 kg 土, 施肥量按每千克土施 N 0.25 g、 P_2O_5 0.12 g、 K_2O 0.25 g 的标准计算, 折合大田施用量为 N 500 kg/hm²、 P_2O_5 240 kg/hm²、 K_2O 500 kg/hm²。每盆栽种小白菜苗 (株高约 5 cm) 5 株。栽种后 1 周, 对小白菜叶面喷施不同稀释倍数木醋液, 共 5 个处理, 重复 3 次, 不同稀释倍数木醋液 pH 值见表 1。处理 1 (CK): 对照, 喷施去离子水; 处理 2 (M100): 喷施稀释 100 倍木醋液; 处理 3 (M300): 喷施稀释 300 倍木醋液; 处理 4 (M500): 喷施稀释 500 倍木醋液; 处理 5 (M700): 喷施稀释 700 倍木醋液。小白菜生长周期为 40 d, 木醋液每周叶面喷施 1 次, 每次喷施 10 mL, 折合大田施用量为 20 000 kg/hm², 共喷施 4 次。

表 1 不同稀释倍数的木醋液 pH 值

稀释倍数	100	300	500	700
pH 值	4.41	4.88	5.65	5.84

1.4 测定指标

小白菜生长指标的测定: 收获当天, 清洗每株小白菜, 用纱布吸干水分, 称重、测株高。

小白菜品质指标的测定: 全磷含量采用钒钼黄比色法测定; 全钾含量采用火焰光度计测定; 可溶性糖采用蒽酮比色法; Vc 测定采用 2, 6-二氯酚靛酚滴定法; 硝酸盐采用水杨酸比色法。

土壤指标的测定: 土壤碳氮采用碳氮元素分析仪 (德国 ELEMENTAR) 测定, 土壤有效磷采用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 浸提—钼锑抗比色法测定, 土壤速效钾采用 NH_4OAc 浸提火焰光度法测定, 土壤全磷、全钾采用 NaOH 熔融法测定。

木醋液成分的测定: 有机组分采用气相色谱—质谱联用仪 (GC-MS) 测定。金属成分 (Ni, Cu, Cd, Co, Zn, Pb, K, Na) 采用电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 测定。

1.5 统计分析

试验数据采用 Excel 2013 和 SPSS 20.0 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 喷施木醋液对小白菜株高和鲜重的影响

由表 2 可看出, M300、M500 处理下小白菜的株高和鲜重与对照组有显著差异, 可以发现随着木醋液稀释倍数的增加, 小白菜的株高呈现逐步增加的趋势, 株高在 M500 处理时达到最大值 26.66 cm, 鲜重在 M300 处理达到最大值 14.45 g, 株高比对照增加 33.33%, 鲜重增加 38.01%。M100 与 M300 处理株高基本无区别, M300 与 M500 处理的鲜重相近; M700 处理下小白菜株高和鲜重与 CK 相近。高浓度木醋液处理 M100 对小白菜株高和鲜重无显著促进作用, 低浓度木醋液处理 M700 对小白菜株高和鲜重无显著促进作用。喷施不同稀释倍数的木醋液对小白菜的株高和鲜重有一定的影响, 处理 M500 效果最明显, 随着稀释倍数增加, 处理 M700 的效果最不明显。

表 2 喷施木醋液对小白菜株高和鲜重的影响

处理	株高 (cm)	鲜重 (g)
CK	21.00 ± 0.12 a	10.47 ± 1.12 a
M100	23.33 ± 0.08 ab	12.61 ± 0.98 ab
M300	24.46 ± 0.54 b	14.45 ± 0.05 c
M500	26.66 ± 0.68 c	14.24 ± 0.34 bc
M700	21.66 ± 0.38 a	11.43 ± 3.14 a

注: 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.2 喷施木醋液对小白菜全钾和全磷含量的影响

由表 3 可知, M500 处理下小白菜的全磷、全钾含量与对照组有显著差异, M100、M300、M500 处理下小白菜的全钾含量与对照有显著差异, 可以看出随着稀释倍数的增加, 小白菜的全磷和全钾含量也逐渐增加, 在 M500 处理小白菜全磷和全钾含量都达到最大值, 全磷含量最大值达到 0.75 mg/kg, 比对照增加 25%, 全钾含量最大值达到 9.51 mg/kg, 比对照增加 55.90%。M100 全磷含量与 CK 效果相近, 全钾含量比 CK 增加 12.78%; M700 与 M300 处理下小白菜全磷、全钾含量相近; M500 与 M100 相比, 全磷含量增加 15.38%, 全钾含量增加 29.91%。

表3 喷施木醋液对小白菜全钾和全磷含量的影响

处理	(mg/kg)	
	全磷	全钾
CK	0.60 ± 0.01 b	6.10 ± 1.11 c
M100	0.65 ± 0.11 b	7.32 ± 0.08 b
M300	0.64 ± 0.32 b	7.47 ± 0.45 b
M500	0.75 ± 0.12 a	9.51 ± 0.13 a
M700	0.68 ± 0.13 b	7.90 ± 0.23 b

2.3 喷施木醋液对小白菜 Vc 含量的影响

由图1可知,喷施不同稀释倍数木醋液后,小白菜中Vc含量得到提高,在M500处理达到最大值26.40 g/kg,之后随着稀释倍数增加,Vc含量降低。M100、M300、M500、M700处理下小白菜Vc含量与CK相比有所增加,增加幅度为5.98%~31.56%,分别为M100增加5.98%、M300增加20.93%、M500增加31.56%、M700增加7.31%。M500处理下Vc含量比M100增加24.11%;M100、M700与CK的Vc含量分别为21.27、21.53和20.07 g/kg,3个处理之间差异不显著。喷施木醋液处理的Vc含量有一定的增加,其中M500效果最好。

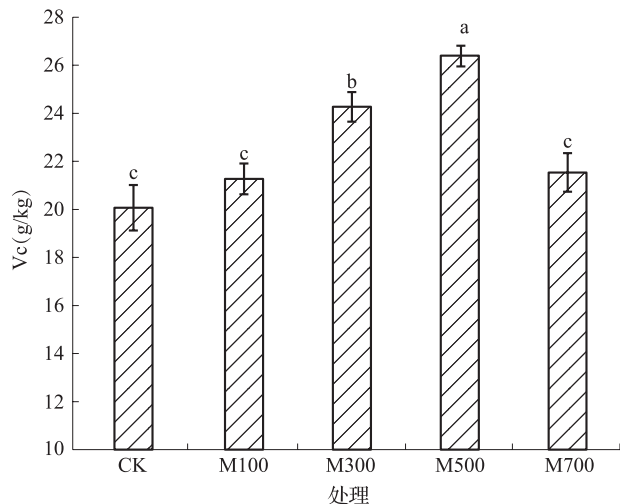


图1 喷施木醋液对小白菜 Vc 含量的影响

注:不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$),下同。

2.4 喷施木醋液对小白菜可溶性糖含量的影响

由图2可知,叶面喷施木醋液对小白菜可溶性糖含量的增加有促进作用,增加幅度为2.94%~31.55%。随着稀释倍数的增加,可溶性糖呈现增多的趋势,在叶面喷施稀释500倍木醋液中小白菜可溶性糖含量达到最大值29.87 g/kg,之后增加稀释倍数,可溶性糖含量降低,M700降低

到23.37 g/kg。与对照相比,M300增加17.72%,M500增加31.55%,达到显著性水平,说明喷施木醋液提高小白菜含糖量,从而改善了小白菜的口感。M100与CK相比,可溶性糖含量基本无差异;M700比M100增加3.09%;各处理中,M500最大值比M700最小值增加28%。

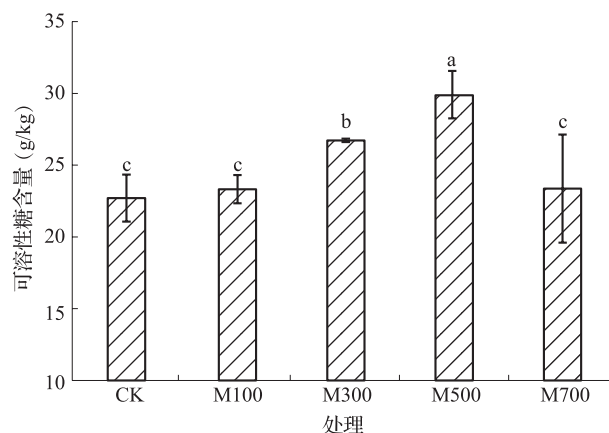


图2 喷施木醋液对小白菜可溶性糖含量的影响

2.5 喷施木醋液对小白菜硝酸盐含量的影响

从图3可以看出,叶面喷施木醋液能显著降低小白菜硝酸盐含量,幅度范围为15.99%~37.77%。木醋液稀释倍数的增加,小白菜中硝酸盐含量逐渐降低,M500达到最小值0.20 g/kg,再增加稀释倍数,硝酸盐含量增加,M700达到0.27 g/kg。M300、M500、M700处理与CK差异达到了显著水平,说明喷施木醋液对硝酸盐含量的降低有显著效果。M500比M100降低33.33%,比CK降低37.77%;M500比M700降低25.92%。喷施不同稀释倍数的木醋液对小白菜的硝酸盐含量均有一定的影响,其中处理M500效果最显著。

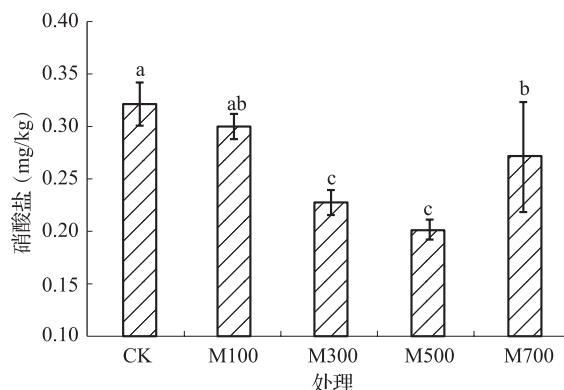


图3 喷施木醋液对小白菜硝酸盐含量的影响

2.6 喷施木醋液对土壤 pH 值及 NPK 含量的影响

由表 4 可知, 喷施不同稀释倍数木醋液对土壤全碳、全氮、全磷没有显著影响。随着稀释倍数的增加, 土壤 pH 值随之增加, 其中 M100 显著降低土壤 pH 值, 其他处理对土壤 pH 值无显著影响; 喷施不同

稀释倍数木醋液对土壤速效钾均有显著增加效果, 其中 M100 与 CK 相比, 增加 40.04%, 与 M300、M500、M700 均达显著性差异; 喷施不同稀释倍数木醋液对土壤有效磷均有显著增加效果; M100 和 M300 显著提高土壤碱解氮含量, 增幅为 17.39% 和 13.66%。

表 4 喷施木醋液对土壤 pH、全碳及氮、磷、钾含量的影响

处理	pH 值	全碳 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	速效钾 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	碱解氮 (mg/kg)
CK	5.56 ± 0.08 a	1.11 ± 0.11 a	0.08 ± 0.00 a	0.04 ± 0.12 a	81.40 ± 3.32 c	38.6 ± 3.69 c	119.26 ± 2.00 b
M100	5.13 ± 0.03 b	1.10 ± 0.05 a	0.09 ± 0.00 a	0.04 ± 0.25 a	114.00 ± 6.74 a	43.9 ± 2.67 b	140.12 ± 0.87 a
M300	5.61 ± 0.06 a	1.25 ± 0.09 a	0.09 ± 0.00 a	0.04 ± 0.12 a	90.12 ± 1.69 b	45.7 ± 6.15 b	135.56 ± 1.56 a
M500	5.73 ± 0.08 a	1.14 ± 0.12 a	0.09 ± 0.00 a	0.04 ± 0.33 a	91.11 ± 8.93 b	55.2 ± 7.01 a	119.73 ± 2.09 b
M700	5.74 ± 0.07 a	1.25 ± 0.10 a	0.10 ± 0.00 a	0.04 ± 0.32 a	89.23 ± 6.19 b	51.0 ± 5.34 a	121.64 ± 1.85 b

2.7 木醋液组分分析

由表 5 可知, 本试验所用木醋液中主要有机成分有 37 种, 分别是有机酸类、酮类、酚类、醇类、杂环化合物类、酯类、胍类、胺类、糖类和氨类等, 其中相对含量较高的有机成分是 n- 棕榈酸 18.44%、6- 油酸 9.35%、氨 6.87%、1, 4: 3, 6-

二氢- α -d- 吡喃葡萄糖 6.62% 等。本试验所用木醋液有机成分中酮类、有机酸类相对含量较高, 醇类、酚类物质相对含量较低, 有机酸类物质占总含量达 35.48%, 酮类物质占总含量达 16.6%。由表 6 可知, 废菌棒所制木醋液中各重金属含量均低于国家标准, 对环境不会造成二次污染。

表 5 木醋液主要有机成分

成分	保留时间 (min)	化合物	含量 (%)	成分	保留时间 (min)	化合物	含量 (%)
酮类	8.242	2- 甲基-2- 环戊烯-1- 酮	0.82	醇类	7.35	2- 呋喃甲醇	1.59
	9.371	3- 甲基-2- 环戊烯-1- 酮	1.19		12.183	3- 吡啶醇	2.35
	10.65	2, 3- 二甲基-2- 环戊烯-1- 酮	0.56			小计	3.94
	12.025	3- 甲基- 异噻唑-5 (4H) - 酮	1.33		4.892	嘧啶	0.41
	12.389	2 (1H) - 吡啶酮	3.7	杂环 化合物	5.296	吡啶	0.96
	14.198	3- 异戊基-2,4- 戊二酮	2.06		6.596	2- 甲基- 嘧啶	2.05
	14.798	1- 羟甲基-5,5- 二甲基-2, 4- 咪唑啉二酮	3.7		7.743	4, 5- 二氢-2- 甲基- 噻唑	3.8
	15.463	5- 甲基-2, 4- 咪唑啉二酮	3.24		8.373	2, 5- 二甲基- 吡嗪	1.53
有机酸类		小计	16.6	胺类	11.727	1- 甲基-4- 硝基-1H- 咪唑	1.93
	5.02	丙酸	1.15		16.389	4- (1- 羟丙基) - 咪	1.6
	5.934	十六烷基-2- 酯甲酸	0.11			小计	12.28
	6.912	3- 羟基- 丙酸	0.53		10.413	尿素	2.21
	7.063	乙酰丝氨酸	0.68	糖类	11.559	仲丁胺	3.21
	8.68	5- 羟基-1H- 吡啶-3- 羧酸	0.7			小计	5.42
	16.876	3- 吗啉丙基-2, 4- 苯甲酸	2.37		13.32	1, 4: 3, 6- 二氢- α -d- 吡喃葡萄糖	6.62
	27.855	n- 棕榈酸	18.44		17.557	3, 4- 羟己糖	0.96
	29.956	2- 烯酯十八烷酸	2.15	酯类		小计	7.58
	31.281	6- 油酸	9.35		10.029	乙基胍	1.24
		小计	35.48		10.914	氨	6.87
酚类	9.744	苯酚	1.06		11.249	11, 12- 四癸二烯酸甲酯	1.18
	17.651	(11- 叔) -2.5 位苯酚	1.93	烯炔类	13.09	2- 甲基-6- 亚甲基-2- 辛烯	3.15
		小计	2.99		15.901	酞	3.3

表 6 木醋液中金属含量

金属	Ni ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Co ($\mu\text{g/L}$)	Zn ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)	K (mg/L)	Na (mg/L)
含量	1.747	2.071	0.272	0.13	34.221	2.755	3.033	7.143

3 讨论

试验结果表明,叶面喷施不同稀释倍数木醋液对小白菜的株高和鲜重的影响,呈现的趋势为随着稀释倍数的增加,株高和产量也随之增加,在M500处理下达到最大值,随着稀释倍数继续增加,M700处理株高和产量反而降低。木醋液的浓度对作物的株高和鲜重有影响,王坤等^[7]研究表明,叶面喷施200倍木醋液处理能使茅苍术根茎产量可提高60.33%,200倍和300倍木醋液的处理效果与对照有显著差异($P<0.05$),而100倍和400倍与对照处理之间无显著差异($P>0.05$)。张琳等^[8]在设施大棚设置不同浓度梯度的木醋液西红柿叶面喷施的试验结果显示,施用稀释300倍的木醋液能显著提高西红柿品质和产量,而稀释500倍处理与对照无差异。分析原因是高浓度木醋液的pH值太低,对小白菜生长发育有抑制作用,以往研究也证明了木醋液浓度过高对植物生长有抑制作用^[9];而木醋液浓度太低对小白菜作用不显著,原因是稀释倍数过高,木醋液中营养元素含量太低^[10-11],无法发挥其促进作物生长发育的作用。不同品种的蔬菜对木醋液的浓度要求及其产生的效果是有差异的,实际最佳喷施浓度应根据木醋液种类以及喷施对象做进一步研究^[8]。

本研究中,叶面喷施不同稀释倍数木醋液能提高小白菜的还原性糖和Vc含量,降低硝酸盐的含量。姚玲等^[10]研究表明叶面喷施稀释木醋液能显著提高猕猴桃的Vc含量,最高可比对照增加56.50%;张琳等^[8]研究表明M100、M200、M300、M500处理的西红柿Vc含量与CK相比有所增加,增加范围为3.54%~23.71%;潘洁等^[12]研究表明,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%。分析原因是木醋液是多种有机物的混合物^[13],其中含有小白菜生长发育所必需的大量、微量营养元素和有机物等营养物质^[14],喷施过程中一部分木醋液进入土壤提高了土壤中微生物的活性^[15],增加了土壤肥力,同时提高根系吸

收养分能力,从而提高小白菜的产量和品质。喷施后,小白菜对木醋液中有效成分有所吸收,特别是其中的微量元素,而微量元素在生化代谢中可作为催化剂加速代谢活动,提高酶的合成效率,合成自身所需营养物质,在一定程度上提高本身的生物活性^[16]。

叶面喷施木醋液后,部分木醋液进入土壤中,降低土壤pH值,提高土壤碱解氮、速效钾和有效磷含量,其中有效磷和速效钾增加效果最为明显,原因可能为木醋液本身呈酸性且含有大量有机分子(尿素占2.21%),进入土壤后,木醋液有机成分中的氨类化合物有增加土壤氮元素的作用^[17],木醋液中的钾含量有助于土壤钾元素的增加,从而导致土壤碱解氮和速效钾含量的提高。木醋液有机酸的含量高达35.48%,有机酸中的有机阴离子与土壤中的Fe、Al和Ca等金属离子间络合反应^[18-20],活化土壤磷元素,促进不同磷酸盐中磷的释放和难溶性磷酸盐溶解^[21-22],从而提高土壤磷的有效性。

4 结论

本试验中稀释500倍废菌棒木醋液效果最好,株高和鲜重可提高33.33%和35.99%,维生素C和可溶性糖含量分别提高31.56%和31.55%,硝酸盐降低37.77%,可以满足蔬菜产量和经济效益的需求。本研究中所制木醋液是以废菌棒为原料获得的绿色产品,具有生产工艺简单、安全无污染等优点,对于发展绿色产品,实现农业的可持续发展具有重要意义。

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, (2): 17-20.
- [2] 姜佰文, 马立伟, 王春宏. 木酢多元叶面肥对水稻产量及抗病性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(2): 147-150.
- [3] 闫钰, 陆鑫达, 李恋卿, 等. 秸秆热裂解木醋液成分及其对辣椒生长及品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2011, 34(5): 58-62.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 韦强, 杜相革, 曲再红. 竹醋液对黄瓜生长的影响 [J]. 中国农学通报, 2006, 22 (7): 411-414.
- [7] 王坤, 朴锦, 具红光. 木醋液对茅苍术生长发育的影响 [J]. 安徽农业科学, 2013, (28): 11333-11335.
- [8] 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.
- [9] 胡妍玢, 陈杰, 李辉信, 等. 木醋肥在农业生产中的应用及发展方向 [J]. 浙江农业科学, 2012, (2): 208-211.
- [10] 姚玲, 王东东, 谢民争, 等. 施用木醋液对猕猴桃品质的影响研究 [J]. 陕西农业科学, 2014, (9): 19-21.
- [11] 杨艳春, 黄仲明, 张敬东. ICP-MS 法测定木醋液中的微量元素 [J]. 微量元素与健康研究, 2007, (6): 45-46.
- [12] 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.
- [13] 刘长风, 李敏, 高品一, 等. 木醋液的来源、成分及其应用研究进展 [J]. 中国农学通报, 2016, 32 (1): 28-32.
- [14] 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.
- [15] 程虎, 王紫泉, 周琨, 等. 木醋液对碱性土壤微生物数量及酶活性的影响 [J]. 中国环境科学, 2017, 37 (2): 696-701.
- [16] 王富, 康永祥, 侯姣姣, 等. 灌施木醋液对土壤团聚体和侧柏生长的影响 [J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2017, 45 (6): 75-82.
- [17] 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.
- [18] 范春丽, 雷志华, 曲金柱. 灌施石榴皮木醋液对盐碱地土壤性质及石榴果实品质的影响 [J]. 中国南方果树, 2018, (1): 97-100.
- [19] 林开敏, 叶发茂, 林艳, 等. 酚类物质对土壤和植物的作用机制研究进展 [J]. 中国生态农业学报, 2010, 18 (5): 1130-1137.
- [20] 潘玉蕊, 达布希拉图. 减农药配施炭-醋材料对烟草生长与病害的影响 [J]. 中国农学通报, 2018, 34 (21): 42-47.
- [21] 曾婕, 海梅荣, 王晓会, 等. 木醋液对有机烟草产质量及病害的影响 [J]. 中国农学通报, 2014, 30 (7): 162-167.
- [22] 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.

Effect of spraying wood vinegar made from mushroom cultivation wastes on the growth and quality of Chinese cabbage

WANG Xiao-peng¹, ZHANG Hong-xue¹, HU Kun¹, ZHU Qiao-lian¹, MAO Yan-ling^{1, 2*} (1. College of Resource and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University, University Key Lab of Soil Ecosystem Health and Regulation in Fujian, Fuzhou Fujian 350002; 2. Fujian Colleges and Universities Engineering Research Institute of Conservation & Utilization of Natural Bioresources, Fuzhou Fujian 350002)

Abstract: The effects of wood vinegar prepared by mushroom cultivation wastes sticks on the growth and quality of vegetables were studied, the leaves of Chinese cabbage were sprayed with 100, 300, 500 and 700 times diluted wood vinegar, and various indexes of Chinese cabbage and soil with all treatments were determined. The results showed that different dilutions of wood vinegar increased the plant height and fresh weight of Chinese cabbage, increased the content of Vc, promoted the accumulation of reducing sugar and reduced the nitrate content. The dilution of 500 times wood vinegar had the most significant effects on the quality of Chinese cabbage. The contents of Vc and soluble sugar increased by 31.56% and 31.55%, respectively, and the nitrate decreased by 37.77%. Spraying 100 times wood vinegar solution had significant effect on soil pH, available potassium, available phosphorus and alkali-hydrolyzed nitrogen. There are 37 kinds of organic components in the waste wood vinegar, including organic acids, ketones, phenols and alcohols.

Key words: wood vinegar; mushroom cultivation wastes; Vc; nitrate; organic ingredients