

# 木醋液和炭醋肥对设施蔬菜土壤肥力 及蔬菜产量的影响

胡春花, 达布希拉图

(云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201)

**摘要:**通过田间小区试验,以土壤盐分含量、土壤团粒结构、土壤养分含量等指标,研究炭醋肥和木醋液连续施入设施土壤中对青梗菜(*Brassica chinensis* var. *Oleifera*)和菜心(*Brassica parachinensis*)产量及设施土壤肥力的影响,为木醋液在设施农业中的合理运用提供理论基础。结果表明:施用炭醋肥和木醋液,可使土壤盐分含量分别降低6.8%~33.3%,4.5%~18.2%,施用效果为木醋液>炭醋肥>对照。可以增加土壤2~0.25 mm级团粒的百分含量,改善土壤通气和透水性,从而使土壤结构性能变好,施用效果为炭醋肥>木醋液>对照;还可以调节土壤pH,提高有机质、速效磷含量。最终使供试蔬菜分别增产13.4%~21.7%和32.6%~35.0%,施用效果为炭醋肥>木醋液>对照。

**关键词:**木醋液;炭醋肥;土壤肥力;设施土壤;产量

中图分类号:S156.4+1

文献标志码:A

论文编号:2010-3648

## Effect of Pyroligneous Acid and the Mixture with Charcoal on Soil Fertility and Crop Yields under Protected Cultivation

Hu Chunhua, Dabuxilatu

(College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201)

**Abstract:** In order to provide theoretical basis for reasonable use of pyroligneous in agricultural facilities, effects of continuous application of pyroligneous acid and the mixture with charcoal in greenhouse soil on yields of *Brassica chinensis* var. *Oleifera* and *Brassica parachinensis* and change of soil fertility were studied, with soil salt content, aggregates composition and content of soil nutrient as the index of field plot experiments. The results showed that: the application of pyroligneous acid and the mixture with charcoal decreased content of soil total salt from 6.8% to 33.3%, 4.5% to 18.2%, respectively, was as follows: pyroligneous>the mixture>control. Increased proportion of soil aggregation composition about classified of 2~0.25 mm to change soil structure better by improving soil aeration and soil permeability than before was as follows: the mixture>pyroligneous>control. Also, can adjusted pH value, increased organic matter and rapidly available phosphorus content. At last, increased yield of test vegetables from 13.4% to 21.7%, 32.6% to 35.0%, respectively, was as follows: the mixture>pyroligneous>control.

**Key words:** pyroligneous acid; the mixture with pyroligneous and charcoal; greenhouse soil; soil fertility; yield

### 0 引言

木醋液(也叫植物酸)是木材干馏过程中所得到的具有熏臭味的赤褐色液体,含有酸、醛、酮、醇、酚等多

种有机物以及Ca、Mg、Na、Fe等微量元素<sup>[1-2]</sup>。在农业方面用途广泛,可以作为土壤改良剂<sup>[3]</sup>、植物生长促进剂<sup>[4]</sup>、堆肥发酵促进剂、害虫忌避剂<sup>[4]</sup>,具有抑菌<sup>[5]</sup>、消

**基金项目:**云南省应用基础研究计划项目“木醋液植物生长促进剂研发”(2007C212M)。

**第一作者简介:**胡春花,女,1986年出生,云南永胜人,硕士研究生,主要从事植物营养与土壤肥力方面的研究。通信地址:650201 云南农业大学资源与环境学院植物营养学55号信箱,E-mail:Huchunhua545@126.com。

**通讯作者:**达布希拉图,男,1974年出生,内蒙古呼和浩特人,副教授,博士,主要从事植物逆境营养生理研究。E-mail:tutu3274@yahoo.com.cn。

**收稿日期:**2010-12-16,修回日期:2011-02-24。

毒、防腐、促生长<sup>[5]</sup>、防病虫<sup>[6]</sup>和减少农药用量等多种作用<sup>[7]</sup>。在韩国,木醋液的应用主要集中在医药、食品添加剂等领域<sup>[8]</sup>。目前,中国北方以研究木醋液为主,南方以研究竹醋液为主,这主要是与原料来源方便有关<sup>[9]</sup>。虽然竹醋液在欧洲、美国、韩国和日本等地的发展很好,但在中国起步较晚<sup>[10]</sup>。竹醋液对解决土壤连作障碍有较好的效果,并能较好的缓解土壤盐渍化、次盐渍化程度,起到调节土壤pH的作用<sup>[11]</sup>。竹醋液应用在杉木苗上的研究表明,它能提高黄红壤的速效氮、磷、钾含量,特别是对土壤有效磷含量的影响更为明显<sup>[12]</sup>。韦强等<sup>[13]</sup>用竹醋液对黄瓜进行灌根处理,表明竹醋液能极显著的增加黄瓜产量。木炭粉与木醋液按一定比例混合就为含木醋液的木炭粉,即炭醋肥<sup>[14]</sup>。有研究还发现将木醋液与木炭粉的混合物施用于某种作物时具有明显的促进生长效果<sup>[9]</sup>。郭亚芬等<sup>[14]</sup>研究表明,在施用氮、磷、钾肥的基础上施用炭醋肥,可使供试蔬菜增产9.29%~16.9%,达到显著和极显著差异水平。

设施蔬菜栽培是一种人为作用十分强烈的土地利用方式,其产量高,复种茬次多<sup>[15]</sup>。由于土壤高温持续时间较长,使土壤养分的矿化速度加快,土壤表面水分蒸发快,再加上设施内避开了雨水的淋溶,大量盐分积聚在土壤表层,很容易导致设施内土壤发生次生盐渍化,同时蔬菜生产为追求高产而常常大量施肥,对土壤理化性质造成较大的影响<sup>[16]</sup>。目前中国有关竹(木)醋液在农业方面的研究多集中在植株叶面喷施上,而有关在土壤改良方面的研究则少见报道。经过分析测定供试设施土壤的盐分含量,本研究将炭醋肥和木醋液作为土壤改良剂施入供试设施土壤中,观测土壤盐分含量变化及土壤养分动态变化,从而明确炭醋肥和木醋液对设施土壤改良的效果,为炭醋肥和木醋液作为土壤调理剂的研发和有机农业土壤培肥提供理论基

础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、地点

研究田间试验于2009年12月—2010年8月在云南省呈贡县龙街村蔬菜大棚里进行,室内试验在云南农业大学资源与环境学院土壤-植株-环境分析实验室进行。

### 1.2 试验材料

供试木醋液原液和木炭粉由昆明钢铁集团提供。木醋液经静置6个月沉淀后过滤木焦油,密封于棕色瓶子里,备用。木醋液pH 5,棕褐色;木炭粉pH 9.79。试验地前茬作物为大白菜,供试蔬菜及茬口安排见表1。

供试土壤质地为粘壤土,主要种植蔬菜作物,供试土壤基本理化性质见表2。当地常规施肥:每茬蔬菜播种前撒施硅(钙)磷肥( $\text{SiO}_2 \geq 25\%$ ,  $\text{CaO} \geq 30\%$ , 水分 $\leq 3\%$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 \geq 2\%$ )1200 kg/hm<sup>2</sup>,每茬蔬菜生长15天后随水浇施尿素(N 46.4%)600 kg/hm<sup>2</sup>,每茬蔬菜收获前15天随水浇施硫酸钾( $\text{K}_2\text{O}$  50%)300 kg/hm<sup>2</sup>。

### 1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 本试验设计为一般小区多茬定位试验,青梗菜种植密度60株/m<sup>2</sup>,菜心种植密度80株/m<sup>2</sup>。小区面积4.5 m×3 m,共设3个处理。处理1(CK):对照,当地常规施肥;处理2(P):当地常规施肥的基础上施用木醋液12 mL/m<sup>2</sup>;处理3(PC):当地常规施肥的基础上施用木醋液12 mL/m<sup>2</sup>和木炭粉60 g/m<sup>2</sup>(木醋液和木炭粉的用量为预备试验定下的最适用量),称为炭醋肥。随机排列,3次重复,木醋液及炭醋肥在每茬作物播前整地时一次施入,各小区每茬都用相同的处理连续试验。

(1)蔬菜产量统计。蔬菜收获当天每小区随机选定1 m<sup>2</sup>进行产量统计。

表1 供试蔬菜品种及信息

茬口	供试蔬菜名称	供试蔬菜品种	播种日期/(年-月-日)	收获日期/(年-月-日)	生长周期/d
第1茬	青梗菜	华冠	09-12-16	10-02-17	62
第2茬	菜心	极品菜心王	10-02-23	10-04-03	40
第3茬	青梗菜	青欣	10-04-07	10-05-18	42
第4茬	青梗菜	华尔兹	10-05-21	10-07-01	42
第5茬	青梗菜	改良矮脚	10-07-05	10-08-10	37

表2 供试土壤基本理化性质

土壤全盐含量/(g/kg)	pH	有机质/(g/kg)	碱解氮/(mg/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)
4.0	6.50	41.0	170	128	152

(2)土壤水稳性团聚体的分析测定。采一整块的土壤,剥去土块表面与外层受损的土壤,均匀地取未变形的内部土样(约2 kg),置于盒内,运回室内,剥成10~12 mm直径的小样块(弃去粗根和小石块),风干。干筛制备50 g土壤样品,再用湿筛法进行测定各粒级的团聚体含量<sup>[7]</sup>。

(3)土壤基本理化性状的分析测定。分别在每茬蔬菜收获时采集各处理耕层(0~20 cm)的土壤,每小区分3点采集混合作为一个样品,带回室内风干后磨碎,过1 mm、0.25 mm筛,用于室内分析测定土壤基本理化性状。按常规分析方法<sup>[8]</sup>进行分析测定:残渣烘干-质量法(5:1水土比浸出液)测定土壤盐分含量;碱解扩散法测定碱解氮含量;0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>法测定速效磷含量;醋酸铵-火焰光度计法测定速效钾含量;电位法测pH;重铬酸钾容量法-外加热法测定有机质含量。

1.3.2 精密仪器和药品规格 本研究室使用仪器有上海精密仪器有限公司生产的DDB-303A型便携式电导率仪、PHB-4型便携式数字酸度计以及FP 640型火焰光度计、尤尼柯(上海)仪器有限公司生产的WFJ 7200型可见分光光度计、上海中友仪器设备有限公司生产的DHP-9162型电热恒温培养箱和南京土壤仪器厂生产的FT-3型电动团粒分析器。药品有醋酸铵(NH<sub>4</sub>OA<sub>c</sub>)500 g/瓶,分析纯;碳酸氢钠(NaHCO<sub>3</sub>)500 g/瓶,分析纯;氢氧化钠(NaOH)500 g/瓶,分析纯;重铬酸钾(K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub>)500 g/瓶,分析纯和浓硫酸(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)500 mL/瓶,分析纯。

1.3.3 统计分析 数据计算及图表绘制在Excel2003中进行,采用统计软件SPSS17.0分析不同处理间差异的显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用木醋液和炭醋肥对土壤盐分含量的影响

由图1可知,施用木醋液和炭醋肥后2个月(第1茬)土壤盐分含量就开始降低,说明二者对土壤的改良有一定作用。而从第2茬开始,盐分含量出现先升高后降低的趋势,第2、3茬属于春季盐分积聚的时期;随着雨季的来临4、5茬试验土壤盐分含量也随之缓慢降低。较常规施肥对照相比,不同茬口木醋液和炭醋肥处理的土壤盐分含量均低于对照,说明了二者的改盐效果,且在第1、2茬达到了显著差异水平( $P<0.05$ ),木醋液处理和炭醋肥处理分别依次降低33.3%、22.7%和16.7%、18.2%。而3、4、5茬未达到显著差异水平( $P>0.05$ )。

### 2.2 施用木醋液和炭醋肥对土壤养分含量的影响

由表3可知,与常规施肥对照相比,不同茬口施用

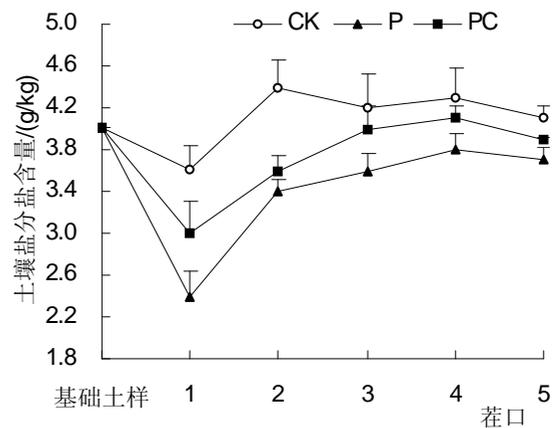


图1 施用木醋液和炭醋肥后对土壤盐分含量的影响

炭醋肥和木醋液的处理土壤pH均有提高。其中炭醋肥处理在1、2、3茬达到显著差异水平,4、5茬未达到显著差异水平。而木醋液处理第1茬达到显著差异水平,其余4茬都没有显著差异水平,说明炭醋肥的施用可以降低设施微酸土壤酸度,给蔬菜作物提供较好的生存环境。表中炭醋肥和木醋液处理的土壤有机质、速效磷、速效钾、碱解氮含量与常规施肥对照相比都有所提高,1、2、3茬达到显著差异水平,4、5茬没有显著差异。这一结果说明炭醋肥和木醋液的施用可以增加土壤速效磷含量,从而在今后的实践中可以减少磷肥的施用量,节约化肥成本。

### 2.3 施用木醋液和炭醋肥对土壤水稳性团粒结构的影响

由图2可知,不同茬口施用炭醋肥的处理,土壤2~0.25 mm级团粒所占的比例都比<0.25 mm级(微团粒级)团粒所占的比例高,说明炭醋肥对土壤物理结构起到很好的效果。而施用木醋液的处理则出现了一个转化的趋势,前3茬2~0.25 mm级团粒逐渐增多,后2茬逐渐减少。这说明在设施土壤中施用炭醋肥和木醋液可以促成大团粒的组成,提高土壤团聚体含量,使土壤结构性能变好。其施用效果为炭醋肥>木醋液>对照。

### 2.4 施用木醋液和炭醋肥对青梗菜和菜心产量的影响

由图3可知,1、2、3茬试验施用木醋液和炭醋肥的处理,青梗菜和菜心的产量都比对照高,这表明2种改良剂能为青梗菜和菜心的生长提供较适宜的土壤环境,保证了二者的正常生长和产量的提高。其中施用效果为炭醋肥>木醋液>对照。经方差分析得知,炭醋肥处理与对照之间达显著差异( $P<0.05$ ),依次增加35.0%、34.6%、32.6%;木醋液处理与对照之间无显著差异( $P<0.05$ )。而4、5茬施用木醋液处理和炭醋肥的处理,青梗菜和菜心的产量与对照相比都没有显著差异性。

表3 施用木醋液和炭醋肥对土壤养分含量的影响

处理	pH	有机质/(g/kg)	速效钾/(mg/kg)	速效磷/(mg/kg)	碱解氮/(mg/kg)
CK <sub>1</sub>	6.87±0.05b	42.3±0.57b	165±9.77a	132±0.88c	181±0.58b
P <sub>1</sub>	6.94±0.04ab	45.7±0.29a	170±10.37a	184±1.45a	181±0.58b
PC <sub>1</sub>	7.03±0.02a	45.9±0.64a	188±2.65a	173±0.58b	238±17.0a
CK <sub>2</sub>	6.68±0.04b	42.7±0.32b	158±1.15b	142±4.91b	226±1.15b
P <sub>2</sub>	6.71±0.03b	44.8±0.46ab	165±6.44b	153±3.84ab	261±4.91a
PC <sub>2</sub>	6.89±0.04a	46.7±1.47a	183±4.70a	157±0.33a	267±6.93a
CK <sub>3</sub>	6.76±0.02b	43.2±1.15a	159±9.81a	148±5.36b	223±1.73a
P <sub>3</sub>	6.77±0.04b	43.7±0.98ab	179±5.81a	174±2.40a	222±1.15a
PC <sub>3</sub>	6.93±0.05a	44.5±0.71a	183±7.64a	184±2.40a	223±0.58a
CK <sub>4</sub>	6.78±0.08a	43.9±0.55a	174±14.0a	146±5.04a	202±3.76a
P <sub>4</sub>	6.82±0.05a	44.4±1.40a	180±4.77a	158±6.06a	209±7.78a
PC <sub>4</sub>	6.94±0.02a	45.3±0.89a	183±2.19a	164±6.33a	195±2.60a
CK <sub>5</sub>	6.80±0.11a	43.3±0.43a	169±4.33a	142±8.19a	208±6.74a
P <sub>5</sub>	6.84±0.12a	43.8±0.31a	175±4.04a	153±2.96a	200±2.31a
PC <sub>5</sub>	6.95±0.03a	44.0±1.55a	177±6.06a	154±0.58a	194±1.15a

注:图中处理一栏的下脚标表示茬口数,共计5茬,每茬3个处理之间比较显著差异性( $P<0.05$ )。

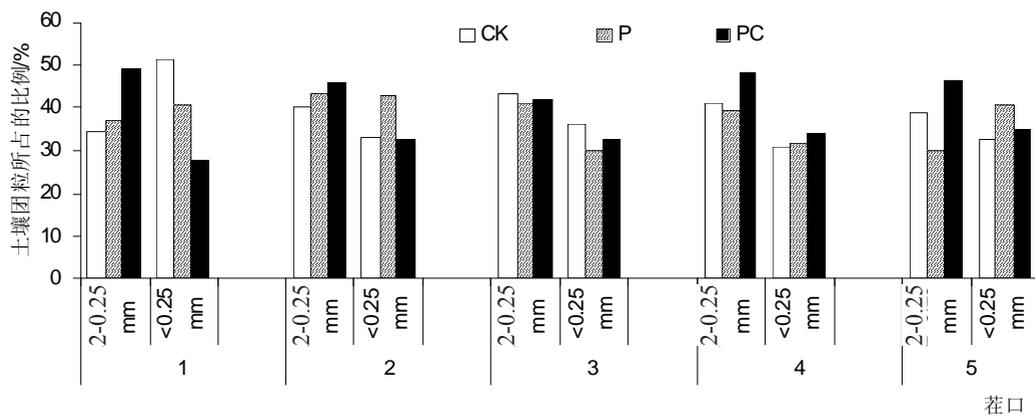


图2 施用木醋液及炭醋肥后对土壤团粒结构的影响

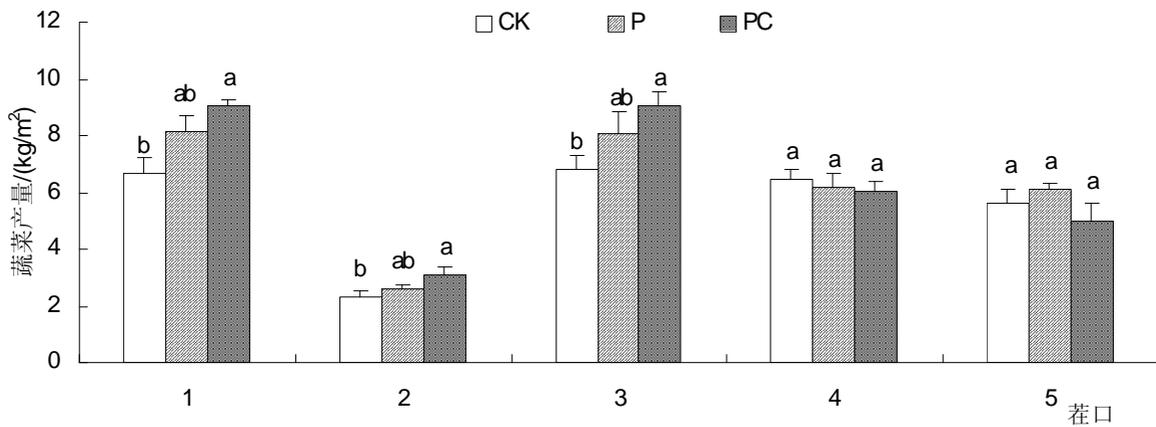


图3 施用木醋液和炭醋肥后对蔬菜产量的影响

每茬蔬菜生长期,观察田间长势得出,与当地常规施肥相比,施用木醋液及炭醋肥处理的蔬菜成熟相对较早,生育期比对照缩短5~7天。

### 3 结论

(1)炭醋肥和木醋液能显著增加蔬菜产量,缩短蔬菜生育期,给农户从时间上增加一定的效益,且施用效果为炭醋肥>木醋液>对照。

(2)炭醋肥和木醋液能改善土壤物理结构性能,增加土壤2~0.25 mm级团粒组成,从而改善土壤的通气性和透水性,改良效果为炭醋肥>木醋液>对照。

(3)炭醋肥和木醋液能降低土壤盐分含量,从而减轻设施土壤盐渍化程度,使得专门种植设施蔬菜的农户不再受因季节变化而引起盐分高低起伏的困惑。施用效果为木醋液>炭醋肥>对照。

(4)炭醋肥和木醋液能平衡土壤养分含量;调节pH,使微酸土壤降低酸度;增加有机质含量,从而提高土壤肥力;活化土壤中的难溶性磷,增加土壤速效磷含量。

### 4 讨论

#### 4.1 施用木醋液和炭醋肥对土壤肥力状况的影响

一般情况下,一年内土壤表层盐分的变化可分为4个阶段,春季蒸发积盐期、夏季降雨淋盐期、秋季蒸发积盐期和冬季相对稳定期<sup>[9]</sup>。本试验结果表明在施用了炭醋肥和木醋液后,土壤的盐分含量有所降低,使得作物不受盐害的影响而正常生长,这与贺海升等<sup>[20]</sup>的部分研究结论相似。5茬试验盐分含量出现了先上升后缓慢下降的趋势,这是蔬菜处于不同生长发育时期导致的。3—5月为一年中积盐高峰季节,6—8月为蔬菜生长旺季及雨季,此时土壤盐分有所下降,与田丽萍<sup>[21]</sup>等研究蔬菜大棚连作障碍时认为土壤盐分含量出现一个变化趋势是由于蔬菜生长季节不同的原因相一致。

竹醋液作为土壤调理剂能释放土壤中被固化的营养元素。对解决土壤连作障碍有较好的效果<sup>[11]</sup>。木质炭化物对CO<sub>2</sub>的吸附性能高,透气、保肥性好,能调节土壤酸碱度,并可补充一些微量元素来改良土壤,从而促进作物根系的良好生长<sup>[22]</sup>。在本研究中,基础土样的pH为6.50,施用炭醋肥的处理显著可提高土壤的pH,这是因为试验用的木炭粉为碱性。而木醋液处理虽然能调节土壤的pH,但是与对照处理之间并没有显著差异,与戚俊等<sup>[12]</sup>研究结论相似。试验用的木醋液呈微酸性,木醋液与硅(钙)磷肥同时施用,木醋液中的有机成分与CaO就会形成木醋复合钙盐,可以降低酸性,同时也可以起到增加肥料效应的作用,与崔宇等<sup>[10]</sup>

的报道相一致。本研究整体看来,木醋液和炭醋肥能增加土壤速效磷、碱解氮、速效钾和有机质的含量。土壤速效磷含量增加的原因可能是木醋液的螯合作用,降低了土壤中的Fe、Al活性,或是木醋液中的多种有机酸促进了土壤中难溶性磷的溶解,这与戚俊等<sup>[12]</sup>部分研究结论相一致;也有可能是由于木醋液及炭醋肥中含有少量的磷,从而提高了土壤中速效磷的含量,但这种观点还有待于进一步的认证。

土壤水稳性团聚体是指具有抵抗水破坏能力,在水中浸泡、冲洗而不易崩解的土壤团粒<sup>[23]</sup>。一般把粒径>0.25 mm的水稳性团粒作为评价土壤结构的指标和主要指标,而旱地土壤2~0.25 mm级团粒反映其通透性状<sup>[24]</sup>。水稳性团粒结构的大小、数量和稳定性决定了土壤空隙大小和土壤中气、水、根系穿插及养分活化等状况,是影响土壤通透与抗蚀性能及反映土壤质量最为重要的指标之一<sup>[25]</sup>。竹醋液可以用作土壤改良剂和肥料增效剂,改善土壤的通气性和透水性<sup>[26]</sup>。本研究表明施用炭醋肥和木醋液的处理增加了2~0.25 mm级团粒的百分含量,其中炭醋肥的效果好于木醋液。因为随着木醋液的不断施入,它的酸性性质会使得土壤逐渐变酸而导致土壤酸化板结,因此在田间试验时一定要注意木醋液的施用时间及用量问题,但这种观点还有待进一步的研究。

#### 4.2 施用木醋液和炭醋肥对蔬菜产量的影响

竹醋有机肥增加作物产量,主要表现在增强光合作用、提高叶绿素含量、促进植物根系发育等方面<sup>[27]</sup>。木醋液提高蔬菜产量及品质的原因,是其含有蔬菜生长发育所必需的大量、微量营养元素、有机酸等营养物质及有益微生物等,因此可提高土壤肥力、增加根系吸收养分的能力,从而提高蔬菜产量,改善蔬菜品质<sup>[12]</sup>。本研究结果表明施用炭醋肥显著增加了青梗菜和菜心的产量,与郭亚芬等<sup>[14]</sup>的炭醋肥微区及盆栽试验研究结论相一致;与杜冠华等<sup>[28]</sup>研究木醋炭粉可增强根系活力,但对蔬菜产量影响不明显的结论有所差异。本研究前3茬蔬菜产量显著增加,而后2茬却没有显著差异,这是由于后2茬盐分含量升高的缘故,也可能是由于蔬菜生长所需的养分已经足够了,这种观点还有待进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 杜相革,史咏竹.木醋液及其主要成分对土壤微生物数量影响的研究[J].中国农学通报,2004,20(2):59-59.
- [2] 周岭,蒋恩臣,罗健.锯末木醋液对玉米种子萌发及幼苗影响的研究[J].玉米科学,2008,16(5):58-60.
- [3] 钱慧娟.木醋液的制造及其应用[J].世界林业研究,1994,7(2):

- 59-63.
- [4] 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.
- [5] 邹小明,刘强,肖春玲,等.竹醋液对土壤微生物及酶活性的影响[J].土壤通报,2010(1):64-67.
- [6] 马旭明,洪卫,阎蒙钢.天然、绿色环保产品——竹醋液[J].化学教学,2006(9):35-36.
- [7] 史咏竹,杜相革.木醋液在农业生产上的研究新进展[J].中国农学通报,2003,19(3):108-108.
- [8] 王海英,杨国亭,周丹.木醋液研究现状及其综合利用[J].东北林业大学学报,2004,32(5):55-57.
- [9] 周丹,杨扬,刘赢男.木醋液促进花卉生长的应用研究[J].中国林副特产,2008(2):10-13.
- [10] 崔宇,吴良如.我国竹醋液发展现状和展望[J].竹子研究汇刊,2010,29(1):11-16.
- [11] 王志勇,崔宇.竹(木)醋产业丰富绿色产品的推进剂[J].中国林业产业,2008(7):46-48.
- [12] 戚俊,王旭琴,戴伟,等.竹酢液对杉木苗木生长效应和土壤肥力影响的研究[J].河北林果研究,2008,23(2):132-136.
- [13] 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.
- [14] 郭亚芬,张忠学.炭醋肥对蔬菜产量与品质的影响[J].北方园艺,1999(5):1-2.
- [15] 史静,邓玉龙,张乃明,等.云南设施土壤盐分累积特征研究[J].土壤,2009,41(6):921-922.
- [16] 高慧,葛晓光.长期定位施肥对设施菜田土壤肥力的影响[J].中国蔬菜,2004(6):6-10.
- [17] 昶升.土壤肥力研究方法[M].北京:农业出版社,1988:29-34.
- [18] 鲍士旦.土壤农化分析(第3版)[M].北京:中国农业出版社,1999:30-188.
- [19] 张凌云.土壤盐碱改良剂对滨海盐渍土的治理效果及配套技术研究[D].山东:山东农业大学,2004:20-21.
- [20] 贺海升,王文杰,朱虹,等.盐碱地土壤改良剂施用对种子萌发和生长的影响[J].生态学报,2008,28(11):5338-5346.
- [21] 田丽萍,王祯丽,陶丽琼.大棚蔬菜连作障碍原因与防治措施[J].石河子大学学报,2000,4(2):159-163.
- [22] 黄彪,高尚愚.木质炭化物高效开发利用研究综述[J].世界林业研究,2004,17(2):31-33.
- [23] Domzal H, Hodara J, Tursk R. The effects of agricultural use on the structure and physical properties of three soil types[J]. Soil and Tillage Research, 1993(27):365-375.
- [24] 吴凤芝,刘德.大棚蔬菜连作年限对土壤主要理化性状的影响[J].中国蔬菜,1998(4):5-8.
- [25] 刘左军,陈正宏,袁惠君,等.凹凸棒石粘土对土壤团粒结构及小麦生长的影响[J].土壤通报,2010(1):142-144.
- [26] 胡永焯.竹炭、竹醋液生产技术及应用开发研究进展[J].林产化学与工业,2002,22(3):79-83.
- [27] 王正郁,吴建光,梅勇勇,等.竹醋有机肥料在我国农业生产上的应用与推广[J].丽水农业科技,2006(2):31-33.
- [28] 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.