

沼肥对蔬菜产量和品质及土壤理化性质影响的研究进展

钟 茜, 王 莉 艳

(重庆工商职业学院, 重庆 401520)

摘 要:沼气行业近年来发展迅速,其发酵残留物含有丰富的营养物质。发酵后的沼肥在合理施用条件下不仅能显著提高蔬菜产量、改善蔬菜营养品质、增加商品价值;还能提高菜地土壤的有机质含量,增加透水性,提高土壤的保水保肥能力。该文在简要介绍沼气发酵概念的基础上,阐述了沼肥的化学组成,总结了沼肥对蔬菜产量、蔬菜营养品质、外观品质等的影响,分析了沼肥对蔬菜重金属含量、硝酸盐含量和土壤理化性质的影响,以期对沼气行业的健康发展提供参考。

关键词:沼肥;蔬菜产量;品质

中图分类号:S 141 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2013)17—0192—04

沼气发酵是有机物质(如农作物秸秆、人畜禽粪便、垃圾以及有机废弃物等)在厌氧条件下,通过特定微生物作用形成可燃性气体混合物的过程^[1]。沼气发酵不

仅可以有效解决农村面源污染问题,还可以提供沼气能源,缓解能源紧张等局面。因此,近年来我国沼气产业发展非常迅速。沼肥(沼渣和沼液)是沼气发酵的残余物,在我国主要是作为肥料直接用于粮食和蔬菜生产。近年来,国内外对沼肥在蔬菜上的施用已有不少研究,该文在查阅已有文献的基础上,就沼肥用于蔬菜生产时对蔬菜产量、品质及土壤理化性质等方面的影响进行综

第一作者简介:钟茜(1979-),女,四川成都人,硕士,讲师,现主要从事植物营养与人体健康等研究工作。E-mail:qianzhong@126.com.

基金项目:国家科技部科技支撑计划资助项目(2012BAD14B01-08)。

收稿日期:2013-04-15

Evaluation on Nutritional Values of Five Grass Species and Effect on Soil Fertility After Mulching in Pear Orchards

HUANG Xiong, ZHANG Jian-guang, ZHANG Yu-xing, TIAN Wen-wen

(Pear Engineering and Technology Research Center of Hebei Province, College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: The growth characteristics and nutritional value of five kinds of herbages (*Poa annua* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Symphytum pezegrinum* L., *Medicago sativa* L. and *Secale cereale*) and changes of pH and nutrient element contents after mulching the ground were studied in pear orchards, in order to provide a basis of determining appropriate sod system. The results showed that the height of *Secale cereale* was the highest among five fresh herbages (145.00 cm); the ground coverage percentage of *Poa annua* L. was the largest (35.00%); the fresh and dry weights of *Symphytum pezegrinum* L. were the biggest (7.48 kg/m² and 0.82 kg/m², respectively); the highest content of organic carbon (540.86 g/kg) was found in *Secale cereale*, total nitrogen (54.42 g/kg) in *Festuca arundinacea* Schreb., total phosphorus (6.67 g/kg) in *Medicago sativa* L. and total potassium (30.35 g/kg) in *Symphytum pezegrinum* L.. In comparison of total amount of annually accumulated nutrition, the content of organic carbon, total nitrogen, total phosphorus and total potassium of *Symphytum pezegrinum* L. were the highest (510.09, 41.40, 6.83, 33.20 kg/667m², respectively). After mulching the ground with herbages, the soil pH of all treatments decreased, the soil organic matter growth was the biggest with covering *Symphytum pezegrinum* L. (2.43 g/kg), the amount of total soil nitrogen, total phosphorus, available phosphorus and available potassium were the largest with covering *Medicago sativa* L. (0.14, 0.05, 18.90, 328.32 mg/kg, respectively). The total soil potassium increment was the largest with covering *Festuca arundinacea* Schreb. (1.31 g/kg) and soil hydrolyzable nitrogen increment was the largest with covering *Secale cereale* (12.21 mg/kg).

Key words: pear orchard; herbage; mulching; nutrition; soil fertility

述,以期为沼肥在蔬菜上高效利用、保障蔬菜安全生产提供技术支撑。

1 沼肥的化学组成

沼肥是作物秸秆和人畜粪便等原料经过沼气池厌氧发酵制取沼气后的残留物,有机废物经过微生物的分解,最终生成了以 CH_4 和 CO_2 为主要成分的气体和水,只有小部分难以降解的物质和新生长的微生物细胞以厌氧消化的污泥形式残存^[2]。

沼肥中富含大量的微生物发酵产物,是一种优质有机肥,其含有能向作物提供氮、磷、钾等营养元素的营养物质和存在于发酵液中离子形态的微量元素以及一些激素类(脱落酸、生长素、赤霉素等)、氨基酸类及 B 族维生素类等物质^[3-5],这些物质的含量因发酵原料不同而存在差异。如重庆某地沼液中全量和水溶性氮磷钾养分平均含量均为 $\text{K} > \text{N} > \text{P}$ ^[6],而北京郊区沼液测定结果显示鸡粪沼液中氮含量最高,磷钾含量基本一致,而牛粪沼液中氮钾含量相差不多,磷较低^[7]。孟庆国等^[8]对鸡粪、猪粪以及猪皮汤等原料厌氧发酵的残留液中游离氨基酸进行了测定,表明鸡粪厌氧发酵残留液中氨基酸种类最多,且含量较其它 2 种残留液高。

2 沼肥对蔬菜产量的影响

袁斌富等^[9]研究表明,用沼肥种植大蒜,大蒜平均产量比不施沼肥的增产 20.0% 左右;用沼肥种植的白菜也有增产效果,平均增产 0.5%^[10]。陈志贵^[11]研究表明,施用沼液对卷心菜、大葱、生菜具有增产作用,但是不同蔬菜间的增产效果具有差异。在小白菜的种植试验中,用沼液作追肥同样取得了显著的增产效果,其中以 70% 沼液浓度处理的产量最高,达 10.9 t/hm²,比不施沼液的对照增产 97.7%^[12]。

沼肥对果菜类蔬菜也有增产效果。黄瓜基施沼渣后可明显加快作物生长发育^[13],增加采摘次数,并提高单果重,最终总产量较农家肥处理提高 21.7%,较传统复合肥处理提高 26.7%。沼渣作基肥、沼液作叶面追肥在马铃薯上施用能促进马铃薯幼苗生长及提高光合效率,增产可达 37.9%^[14-15]。在温室番茄上的试验表明,沼渣作底肥基施、沼液追施以及沼液叶面喷施均可促进植株生长发育,1 hm² 可节约肥料成本 1 550 元、增收 29 895~39 900 元^[16]。辣椒基施沼液沼渣混合液、追施沼液,与农家肥配施化肥处理相比,辣椒的株高、茎粗、株果数、单果重均有显著增加,667 m² 产量增幅为 22.3%^[17]。

多数研究表明,合理施用沼肥可以促进作物生长,提高蔬菜产量。但研究也显示,大量施用沼液超出作物养分需求,大白菜和油菜产量不再增加,呈现平台趋

势^[18-19]。如不合理施用,特别是沼液浓度过高情况下,会引起作物的伤根烧苗等现象,显著降低其产量^[20]。

3 沼肥对蔬菜品质的影响

3.1 对蔬菜营养品质的影响

通过不同品种蔬菜施用沼肥试验证明,沼肥可以不同程度地促进蔬菜对钾的吸收^[11],提高植株本身钾含量。施用沼肥比施用化肥处理油菜植株中的维生素 C 含量增长 7%~96%。沼液也可提高番茄果实中可溶性固形物含量、维生素 C 含量和糖酸比等品质指标,分别比不施肥处理增加 9.03%、23.69% 和 13.28%,比相应化肥处理分别增加 12.26%、15.37% 和 28.49%^[7,16]。大白菜植株中的维生素 C 含量以纯施沼肥的含量最高,且呈现出随化肥施用量的增加维生素 C 含量减少的趋势^[21]。

此外,李泽碧等^[22]研究表明,沼肥对叶菜的可溶性糖含量、氨基酸含量等营养品质指标均有不同程度的影响。施用沼肥叶菜的叶片可溶性糖含量比不施沼肥的降低 7.9%~40.4%,氨基酸含量比不施沼肥的提高 5.4%~12.9%。沼液和沼渣在配施一定比例化肥的基础上能增加莴笋叶和茎中维生素 C 含量和氨基酸含量,施用沼液的处理能提高莴笋叶和茎中还原糖含量,而施用沼渣仅提高莴笋叶中还原糖含量。

3.2 对蔬菜外观品质的影响

沼液用来追施甘蓝,能促进甘蓝球重,但与化肥相比差异不大^[23]。从单位体积比重看,则沼肥效果最好,与化肥处理相比显著增加,甘蓝球体内质密,商品性好。从对黄瓜、苦瓜、马铃薯、辣椒等蔬菜作物施用沼肥的效果来看,沼肥不仅可提高蔬菜果实外观的商品性能,且能增加单果重^[13,15,17,24-25];同时叶面喷施沼液能强健植株,可有效减轻各种蔬菜病虫害,提高蔬菜的抗逆性,且无污染、无残毒和抗药性等问题。在市场上更受消费者的青睐,从而提高经济效益。

3.3 沼肥对蔬菜安全指标的影响

3.3.1 对重金属含量的影响 重金属汞、铬和镉等是污染蔬菜的主要有害物质,严重影响蔬菜品质,在食品卫生监督中被列为重点监测元素^[26]。钟攀等^[6]对重庆地区沼肥中的重金属含量污染情况进行的研究表明,在采集的所有沼液中,As 的总超标率达到 60%,超标现象较严重,是沼液的主要污染重金属,Cr、Hg、Cd 次之。对于沼肥对重金属的作用机理,华珞等^[27]研究证明,沼肥中的有机质具有较多官能团,其比表面积大,对镉、锌等离子体的吸附能力较强,有机质分解形成的腐植酸与土壤中镉、锌形成络(螯)合物可以降低作物对镉、锌的吸收。沼肥施用于生菜的研究表明,随着沼肥施用量和施用比

例的增加,生菜中重金属汞、铬和镉的含量呈下降趋势^[28];而砷和铅结果相反,在沼肥和化肥混合施用,生菜中的砷含量与对照处理相比显著增加,沼肥与化肥配施处理的生菜中铅含量要高于完全施用化肥处理。此外,研究发现施用沼肥能显著降低卷心菜中汞、铅、砷的含量^[11],显著降低大葱、生菜中镉含量,而对汞、铅、砷含量没有显著影响;沼液施用量的增加没有显著影响这3种蔬菜对镉的吸收能力。由此可以看出,由于不同品种蔬菜吸收重金属的能力以及不同重金属元素特征存在差异,施用沼肥是否能够普遍降低蔬菜中重金属的含量还需要更多的研究支持。

3.3.2 对硝酸盐含量的影响 蔬菜,特别是叶菜类蔬菜易在体内富集硝酸盐,因此硝酸盐含量是蔬菜的重要指标,尤其是保护地栽培的蔬菜硝酸盐超标问题比较普遍。近年来随着化肥的大量施用,蔬菜中硝酸盐含量急剧上升。White^[29]研究表明,人体摄入的硝酸盐81.2%来自蔬菜,过多的硝酸盐摄入对人体健康是一个较大的威胁。联合国粮农组织和卫生组织早在1973年就规定了人体硝酸盐日摄入量的安全值,每千克体重不得高于3.65 mg^[30]。我国2001年制定了农产品安全质量系列标准,其中水果蔬菜硝酸盐限量作为重要指标列入其中,其规定叶菜类硝酸盐含量不高于3 000 mg/kg^[31]。由于沼肥中营养丰富且含有多种微量元素,有利于保障土壤中各种营养素的平衡从而有利于提高硝酸还原酶的活性,降低蔬菜中硝酸盐的积累^[32-36]。试验表明^[21,37],喷施沼液能够降低蔬菜中硝酸盐的含量,以70%沼液浓度处理的小白菜植株中硝酸盐的降低幅度最大^[12],达到13.9%。但沼肥配施化肥的研究中,蔬菜中硝酸盐含量随施肥量的增加而显著增加,莴笋、甘蓝、生菜和大葱上的研究都呈现出这样的趋势,但所用供试蔬菜的硝酸盐含量均未超过3 000 mg/kg,均符合《农产品质量安全无公害蔬菜安全要求》^[11,22]。在油菜上施用不同的沼肥试验表明,施用养分释放慢的牛粪沼肥比施用化肥能显著降低油菜植株中的硝酸盐含量,其中沼渣全部作底肥降低硝酸盐含量效果最明显,沼渣作底肥、沼液作追肥次之,沼液一半作底肥另一半追肥硝酸盐含量最高^[7]。综上,单施沼肥特别是施用养分释放慢的沼肥作为基肥能够降低蔬菜的硝酸盐含量,但是如果配施化肥或是过量施用沼肥,仍然可能会增加蔬菜中的硝酸盐含量。

4 沼肥对菜园土壤理化性质的影响

国内外在利用沼肥改良土壤的研究中发现^[23,38-39],沼渣施用后,能够增加土壤的有机质含量并降低土壤容重,提高土壤的保水保肥性能。沼肥施用于番茄后^[16],

土壤耕层有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷、速效钾与试前本底养分相比分别增加了12.7%、9.5%、7.5%、4.3%、74.8%和17.6%,沼肥增加土壤养分效果显著。但是,过量施用沼肥,收获后残留的土壤无机氮随着沼肥施用量的增加而显著增加,有向下淋湿造成环境污染的风险,这已经引起了一些学者的关注^[18,40]。

另外,沼肥原料复杂,根据地域差异其成分也有区别。由于饲料配方的不同,畜禽粪便的化学组成较传统畜禽排泄物发生了较大的改变,这使得沼气发酵后的沼肥重金属含量也有了较大变化。从现有研究看,沼肥施用对土壤中重金属含量及有效性的影响非常复杂。一方面,由于沼肥中含有大量的腐殖质,如羧基(-COOH)、羟基(-OH)、羰基(-C=O)和氨基(-NH₂)等能与重金属发生络合或螯合,将可交换态和碳酸盐态的重金属转化成有机态或者其它植物不易吸收的形态,降低重金属在土壤溶液中的活性^[41],从而降低重金属的生物有效性。另一方面沼肥中本身含有较高浓度的重金属含量,进入土壤后使得重金属总量增加。而随着时间和外在条件^[42-44](如pH、EH等)的变化,沼肥中的重金属离子也会逐渐释放到土壤中,增加土壤重金属含量。

5 结语

沼肥在蔬菜上合理施用后,多可以提高其产量和蔬菜品质,降低蔬菜中重金属和硝酸盐的残留,能有效改善菜地土壤理化性状。但由于沼肥来源复杂,养分含量差异较大,因此对不同来源的沼肥在蔬菜作物上的合理利用以及作用机理值得进行深入探讨。另外,由于沼肥中养分和重金属活性高,其长期施用对土壤环境质量的影响也需要进行细致研究。

参考文献

- [1] 张全国. 沼气技术及其应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [2] 王国惠. 环境工程微生物学[M]. 北京:化学工业出版社,2011:170-171.
- [3] 熊承永. 中国沼气近期科研情况和发展趋势[J]. 中国沼气,1998,16(4):45-48.
- [4] 张岳. 沼气及其发酵物在农业生产中的综合利用[J]. 农业环境保护,1998,17(2):94-95.
- [5] 沈瑞芝. 植物抗逆性与厌氧发酵物之含氮物[C]//全国沼气综合利用技术交流会文集. 成都:成都科技大学出版社,1997:32-39.
- [6] 钟攀,李泽碧,李清荣,等. 重庆沼气肥养分物质和重金属状况研究[J]. 农业环境科学学报,2007,26(增刊):165-171.
- [7] 赵凤莲,孙钦平,李吉进,等. 不同沼肥对油菜产量、品质及氮素利用效率的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(3):127-130.
- [8] 孟庆国,张铁垣. 厌氧消化残留液中游离氨基酸含量的测定[J]. 氨基酸与生物资源,1996,18(3):34-36.
- [9] 袁斌富,操三六,朱太详. 沼肥用于大蒜生产的种植技术[J]. 中国沼气,1998,16(1):35-37.
- [10] 朱开明. 沼肥能使白菜增产[J]. 中国沼气,1985(1):18.

- [11] 陈志贵. 沼肥对蔬菜产量和安全性及土壤安全承载力的影响[D]. 上海: 上海交通大学, 2010.
- [12] 王远远, 刘荣厚, 沈飞, 等. 沼液作追肥对小白菜产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2008(1): 220-223.
- [13] 兰书林, 魏新田. 沼肥在黄瓜上的应用研究[J]. 中国沼气, 2009, 27(5): 27.
- [14] 张平智, 刘志毅, 李艳梅, 等. 施用沼肥对马铃薯产量的影响[J]. 中国沼气, 2007(3): 31-32.
- [15] 刘国胜. 沼渣、沼液对马铃薯增产及抗逆性试验研究[J]. 中国马铃薯, 2006, 20(5): 282-283.
- [16] 杨景涛, 毛慧鹏. 沼渣沼液在温室番茄生产上的应用研究[J]. 农业科技通讯, 2008(11): 44-45.
- [17] 张长才. 日光温室航椒6号施用沼液沼渣效应初探[J]. 中国沼气, 2009, 27(4): 52-53.
- [18] 熊飞, 孙钦平, 李吉进, 等. 沼肥施用对油菜产量、品质和环境效应研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(24): 152-156.
- [19] 魏宗强, 李吉进, 张杰, 等. 沼肥对大白菜产量和品质的影响及其环境效应[J]. 中国农学通报, 2010, 26(6): 168-172.
- [20] 赵曙光. 沼肥在蔬菜上应用效果及施用技术规程研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [21] 邱桃玉, 刘德江, 饶晓娟, 等. 施用沼肥对蔬菜产量、品质及土壤性状的影响[J]. 中国沼气, 2010, 28(6): 44-47.
- [22] 李泽碧, 王正银, 李清荣, 等. 沼液沼渣与化肥配施对茼蒿产量和品质的影响[J]. 中国沼气, 2006, 24(1): 27-30.
- [23] 叶伟宗, 成国良, 陆宏, 等. 沼液对甘蓝产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 长江蔬菜, 2006(9): 50-51.
- [24] 钟小花. 大棚蕃茄与黄瓜施用沼肥试验简报[J]. 江西农业科技, 2000(6): 24-25.
- [25] 洪文思, 林丽娟. 沼肥对苦瓜增产效应初探[J]. 中国沼气, 1997, 15(3): 44-45.
- [26] 马住校. 西安市郊区蔬菜中重金属污染分析与评价[J]. 农业环境保护, 2000, 19(2): 96-98.
- [27] 华路, 陈世宝, 白玲玉, 等. 有机肥对镉锌污染土壤的改良效应[J]. 农业环境保护, 1998, 17(2): 55-59.
- [28] 艾天, 刘庆玉, 李金洋. 沼肥对生菜中重金属含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(16): 489-498.
- [29] White J W. Relative signification of dieting souce of nitrate[J]. J Agri Food Chem, 1976, 24: 202-204.
- [30] Gerke H H, Arning M, Stöppler-Zimmer H. Modeling long-term compost application effects on nitrate leaching[J]. Plant and Soil, 1999, 213(1-2): 75-92.
- [31] 国家质检总局. 《农业产品质量、无公害油菜安全要求》[S]. GB10406, 1-2001.
- [32] 高祖明, 张耀栋, 张道勇, 等. 氮磷钾对叶菜硝态氮积累和硝酸还原酶/过氧化物酶的影响[J]. 园艺学报, 1989, 16(4): 46-49.
- [33] Ckoto O A. 氮肥施用的生态观点[J]. 土壤学进展, 1992, 20(2): 15.
- [34] 王庆. 过量氮肥对不同蔬菜中硝酸盐积累的影响及调控措施的研究[J]. 农业环境保护, 2000, 19(1): 46-48.
- [35] 陆文龙. 矿质营养对白菜硝酸盐含量的影响[J]. 农业环境保护, 1999, 18(3): 118-120.
- [36] 陈枕德. 某些内部和外部因子对白菜硝酸盐含量的影响[J]. 华北农学报, 1988, 3(2): 110-115.
- [37] 徐卫红, 王正银, 王旗, 等. 不同沼液及用量对茼蒿硝酸盐及营养品质的影响[J]. 中国沼气, 2003, 21(2): 11-13.
- [38] Rivard C J, Rodriguez J B, Nagle N J. Anaerobic digestion of municipal solid waste; utility of process residues as a soil amendment[J]. Biochemistry and Biotechnology, 1995, 52: 125-135.
- [39] 李亚彬, 王启龙. 长期施用沼肥对土壤养分含量的影响[J]. 现代农业科技, 2011, 20: 291-295.
- [40] 李波, 青长乐, 周正宾, 等. 肥料中氮磷和有机质对土壤重金属行为的影响及在土壤治污中的应用[J]. 农业环境保护, 2000, 19(6): 375-377.
- [41] 姜利兵, 张建强. 土壤重金属污染的形态分析及生物有效性探讨[J]. 工业安全与环保, 2007, 33(2): 4-6.
- [42] 王学锋, 杨艳琴. 土壤-植物系统重金属形态分析和生物有效性研究进展[J]. 化工环保, 2004, 24(1): 24-28.
- [43] 刘恩玲, 王亮. 土壤中重金属污染元素的形态分布及其生物有效性[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(3): 547-548, 557.
- [44] 张杰, 孙钦平, 魏宗强, 等. 沼渣和沼液对油菜生长及氮素利用率的影响[J]. 北方园艺, 2009(11): 26-29.

Research Progress on Effects of Biogas Fertilizer on Vegetable Yield, Quality and the Soil Physicochemical Properties

ZHONG Qian, WANG Li-yan

(Chongqing Technology and Business Vocational College, Chongqing 401520)

Abstract: The biogas industry developed quickly in recent years and the biogas fertilizer has abundant nutrients after fermentation. The biogas fertilizer can improve the vegetable yield and increase the vegetable quality and value under reasonable application condition. At the same time it could improve the soil organic matter content, increase permeability as well as the soil water-nutrient keeping capacity. On the basis of a brief introduction of the concept of biogas fermentation, the chemical composition of biogas was described, the effect of biogas fertilizer on the vegetable nutritional quality, appearance quality was summarized, and the impact of biogas on vegetable heavy metal content, nitrate content and soil physical and chemical properties was analyzed, in order to provide a reference for the healthy development of biogas industry.

Key words: biogas fertilizer; vegetable yield; quality