

猪粪发酵沼液对油菜 (*Brassica chinensis* L.) 品质的影响

陈永杏, 尚斌, 董红敏, 陶秀萍, 朱志平

(中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室,
农业部畜牧环境设施设备质量监督检验测试中心, 北京 100081)

摘要:为了研究猪粪发酵沼液在保护地油菜上施用对其品质的影响, 设置了“高浓度沼液”(T1)及“低浓度沼液+化肥”(T2)两种处理, 通过采集油菜样品, 测试包括 VC、总糖、粗蛋白、可溶性固形物、铜、锌、硝酸盐和亚硝酸盐等多项品质指标, 研究沼液灌溉对油菜品质的影响。结果表明, 施用低稀释倍数沼液(T1)提高了油菜的 VC、总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量分别达 310%、11%、28% 和 20%, 但硝酸盐和锌的含量较对照增高 35% 和 37%, 且检出亚硝酸盐。“低浓度沼液+化肥”(T2)处理的油菜除 VC 含量提高外, 总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量分别较对照下降 6.7%、14% 和 13%, 但是硝酸盐含量降低 50%, 且未检出亚硝酸盐。该结果表明采取“低浓度沼液+化肥”方式在叶菜类蔬菜上利用猪粪发酵沼液更能保障食品安全。

关键词:沼液; 油菜; 品质

doi:10.3969/j.issn.1008-0864.2011.03.20

中图分类号:S141.2,S634.3

文献标识码:A

文章编号:1008-0864(2011)03-0117-05

Effect of Biogas Slurry from Swine Farms on Cole Quality

CHEN Yong-xing, SHANG Bin, DONG Hong-min, TAO Xiu-ping, ZHU Zhi-ping

(Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences,
Key Laboratory for Agro-environment & Climate Change, Ministry of Agriculture, Animal Environmental Facility Surveillance,
Inspection and Testing Center, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract: To determine the effect of applying biogas slurry from swine farms on cole quality in protected cultivation, 2 treatments “high concentration slurry” (T1), and “low concentration slurry plus fertilizer” (T2) and a control were set to study the effects of irrigating biogas slurry on cole quality. VC, total sugar, crude protein, soluble solid, total copper, total zinc, nitrate and nitrite of cole were tested. Results showed that when treated with concentration slurry, VC, total sugar, crude protein and soluble solid contents of cole increased 310%, 11%, 28% and 20%, respectively, while the contents of nitrate and zinc were up 35% and 37% than the control and nitrite was detectable. For T2 treatment, the total sugar, crude protein and soluble solid contents of cole decreased 6.7%, 14% and 13%, except the VC content was increased. And the nitrate content was 50% down and nitrite was undetectable. So “low concentration slurry plus fertilizer” was suitable for application of swine manure slurry in cole cultivation in terms of food safety.

Key words: biogas slurry; cole; quality

近年来,我国养殖场沼气工程建设力度加大,截至 2009 年底我国共有畜禽养殖场沼气工程 56 856 处,较 2005 年底的 11 986 处增长了 3.74 倍^[1]。沼气工程建设虽然在一定程度上缓解了畜禽养殖业的污染压力,但沼气工程每天产生的

大量沼液,如果直接排放则成为二次污染源,易造成土壤重金属超标等农田生态系统污染风险^[2];如进行深度处理,则不仅系统运行维护复杂,对人员技术要求高,并且深度处理一般需要投加絮凝剂等化学物质以及曝气,这使得污水处理成本大

收稿日期:2011-01-30;接受日期:2011-03-23

基金项目:亚洲开发银行农业废弃物利用特别研究项目(PRG1924)资助。

作者简介:陈永杏,助理研究员,博士研究生,主要从事畜禽养殖业废弃物处理利用研究。Tel:010-82105988;E-mail:chenyx@ieda.org.cn。通讯作者:董红敏,研究员,博士生导师,主要从事畜禽养殖环境工程研究。Tel:010-82109979;E-mail:donghm@mail.caas.net.cn

幅增加,养殖企业难以承受^[3]。另一方面,化肥价格的增加压缩了蔬菜种植农户的利润空间,同时现有研究也表明,过量施用化肥可导致蔬菜中硝酸盐含量超标^[4,5]。目前,针对农村户用沼气池沼液或城市再生水用于种植蔬菜对蔬菜品质影响的研究较多,如许翠平等^[6,7]对小油菜、大白菜、芹菜、茴香、油麦菜、韭菜等6种叶菜类蔬菜及黄瓜、西红柿、豆角、茄子等4种果菜类蔬菜进行城市再生水灌溉,考察其对蔬菜品质的影响,结果表明,再生水灌溉对叶菜可溶性总糖、维生素C、粗蛋白等的含量没有影响,硝酸盐含量也未增加,但亚硝酸盐含量较对照增加51.6%。再生水灌溉对果菜的品质指标及硝酸盐、亚硝酸盐含量没有显著影响。高红莉^[8]对施用用户沼气池沼液对青菜品质影响进行研究,结果表明,施用沼液组青菜的维生素含量高于化肥组,铅含量高于国标。但是,畜禽养殖场沼气工程产生的沼液与城市再生水和户用沼气池的沼液特性不同,因而,对养殖场沼液在蔬菜种植利用上开展研究具有重要的现实意义。

油菜是我国最大众化的蔬菜种类之一,并且保护地种植可控性较强,本研究将猪场沼液在保护地油菜上利用,通过采集油菜样品,分析测试其VC、总糖、粗蛋白和可溶性固形物等品质指标^[9]以及铜、锌、硝酸盐和亚硝酸盐^[10]等有害物质及金属的含量,探讨沼液利用对油菜品质和安全性的影响,以期对猪粪发酵沼液在叶菜类蔬菜种植上的合理利用提供数据支持和依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及试验处理

试验于2007年10月~11月在中国解放军总参通信部北京阳坊生活供应服务中心的温室中进行。

研究所用沼液取自北京琉璃河南洛猪场沼气站,该沼气池的容积为300 m³,运行正常,沼液的COD(化学需氧量)浓度为712 mg/L,总氮618 mg/L,总磷13 mg/L,铜2.23 mg/L,锌4.01 mg/L。试验中使用的含氮化肥为尿素(含氮量46%)。油菜品种为四月蔓,由阳坊生活供应服务中心提供。

试验设3个处理,分别为:对照(CK),以清水

灌溉,化肥施用量225 kg N/hm²;处理1(T1),以清水与原沼液按体积比3:1混合后灌溉,不施用化肥;处理2(T2),以清水与原沼液按体积比5:1混合后灌溉,化肥施用量75 kg N/hm²;每个处理3次重复。油菜种植于泡沫盒中,泡沫盒的尺寸为0.6 m×0.4 m,油菜直播于泡沫盒中,出苗1周后开始进行不同浓度沼液灌溉处理,每周灌溉一次,灌溉量为每棵每次50 mL。进行沼液灌溉处理5周后收获。

1.2 样品采集及测定方法

每种处理的每次重复分别采集样品,将全部油菜收获后,用保鲜袋装好,立即送往谱尼测试国际集团测试。油菜VC、粗蛋白、总糖、可溶性固形物分别按GB 6195-1986^[11]、GB/T 8856-1988^[12]、AOAC-1984.31.052^[13]和GB/T 12295-1990^[14]测试。铜、锌按NY/SH 022-1999^[13]测试,硝酸盐、亚硝酸盐按GB/T 15401-1994^[15]测试。

1.3 数据处理与统计分析

试验数据采用Excel 2003进行分析处理。

2 结果分析

2.1 对油菜VC含量的影响

施用沼液对油菜VC含量有很大影响。各处理油菜的VC含量见图1,可以看出,经沼液处理(T1、T2)的油菜,VC含量均高于对照(CK),T1、T2的VC含量分别为CK的4.1倍和1.6倍。经

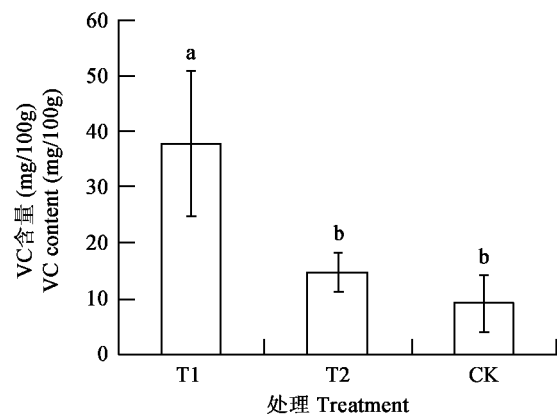


图1 油菜VC含量比较

Fig.1 Comparison of VC content of cole.

注:图中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the figurer mean significant difference at $P < 0.05$ level.

LSD 检验,低稀释倍数沼液灌溉处理(T1)的油菜 VC 含量与对照达极显著差异($P < 0.01$),与“高稀释倍数沼液+化肥”处理(T2)的油菜 VC 含量达显著差异($P < 0.05$)。T2 和 CK 的 VC 含量差异不显著($P > 0.05$)。同时,T1 的油菜 VC 含量达到绿色食品标准^[9](≥ 20 mg/100g),T2 和 CK 均低于此标准值。由此可见,油菜的 VC 含量对沼液处理敏感,高浓度沼液灌溉可使油菜 VC 含量较纯化肥处理或“化肥+低浓度沼液”处理明显提高。这与赵凤莲等^[8,16-18]的研究结果一致,但增幅较已有报道高。

2.2 对油菜总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量的影响

由图 2 可以看出,各处理油菜的总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量变化趋势相同,均为低稀释倍数沼液灌溉处理(T1)的含量最高,对照(CK)次之,“高稀释倍数沼液灌溉+化肥”处理(T2)含量最低。T1、T2 和 CK 的油菜总糖含量分别为 1.44%、1.21% 和 1.29%,T1 略高,T2 和 CK 接近,但均未达到绿色食品标准^[9]($\geq 2.0\%$)。

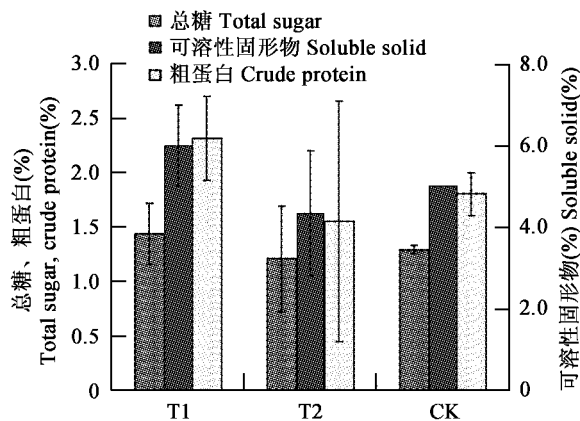


图 2 油菜的总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量比较

Fig. 2 The content comparison of total sugar, crude protein and soluble solid.

T1、T2 和 CK 的油菜粗蛋白含量分别为 2.31%、1.55% 和 1.80%,只有 T1,超过了绿色食品标准^[19]中对于富含粗蛋白的豆类蔬菜豇豆蛋白质含量的规定值($\geq 2.0\%$)。虽然 T1 比 CK 的粗蛋白含量高 0.51%,但未达显著水平($P > 0.05$)。

可溶性固形物是能溶于水的糖、酸、维生素和矿物质等,是反映蔬菜主要营养物质含量多寡的

指标,蔬菜中以茄果类蔬菜番茄的可溶性固形物含量较高。T1、T2 和 CK 的可溶性固形物含量都大于番茄的绿色食品标准值^[20]($\geq 4\%$),T1 更达到了 6.00%。

施用沼液对油菜总糖和粗蛋白含量影响的报道较少,对其他蔬菜的影响趋势与本研究结果一致,如魏宗强等^[21]研究表明,沼肥组大白菜总糖含量比化肥组提高了 4.31%~72.56%,且随着沼肥施用量的增加总糖含量增加。艾天等^[22]研究发现,喷施沼液处理的生菜粗蛋白含量较对照提高 16.4%。施用沼液对蔬菜可溶性固形物含量影响的研究鲜有报道,蔡绵聪^[23]等研究表明,施用生物有机肥(在有机无机复混肥中添加一定量的微生物制剂或发酵液制成的肥料)处理的花椰菜可溶性固形物比施无机复混肥的增加 2%。

2.3 对油菜硝酸盐、亚硝酸盐、铜和锌含量的影响

T1、T2 和 CK 的油菜硝酸盐含量(表 1)分别为 2 700 mg/kg、999 mg/kg 和 2 033 mg/kg,均符合《农产品安全质量无公害蔬菜安全要求》(GB 18406.1-2001)^[10]中对叶菜类蔬菜硝酸盐含量低于 3 000 mg/kg 的要求。但各处理之间未达显著差异($P > 0.05$)。亚硝酸盐方面,仅 T2 未检出,T1 和 CK 虽检出亚硝酸盐,但含量均低于 GB 18406.1-2001^[10]中对于亚硝酸盐含量的限定值 4.0 mg/kg。T1 和 CK 的亚硝酸盐含量差异不显著($P = 0.486$)。由此可见,沼液和化肥混合施用有抑制硝酸盐和亚硝酸盐在油菜中累积的作用。

表 1 油菜铜、锌、硝酸盐和亚硝酸盐含量

Table 1 Total copper, total zinc, nitrate and nitrite contents of cole.

处理 Treatment	硝酸盐 (mg/kg) Nitrate (mg/kg)	亚硝酸盐 (mg/kg) Nitrite (mg/kg)	铜 (mg/kg) Copper (mg/kg)	锌 (mg/kg) Zinc (mg/kg)
T1	2 700 ± 624	1.43 ± 0.29	<0.10	4.99 ± 0.69
T2	999 ± 1646	0.00 ± 0.00	<0.10	8.28 ± 4.77
CK	2 033 ± 896	1.55 ± 0.21	<0.10	3.64 ± 0.80

考虑到本研究所用沼液为猪粪发酵沼液,而猪饲料中常含有较大的铜和锌,因而对油菜中的铜、锌含量进行测试,从表 1 可以看出,各处理油菜铜含量均小于 0.10 mg/kg。锌含量方面,沼

液处理均高于对照, T1 比对照高 37%, T2 为对照的 2.3 倍。由于 T2 的 3 次重复间误差较大, 掩盖了处理间的差异, 因而检验结果为各处理间差异不显著 ($P > 0.05$)。但是仍可以推测, 沼液和化肥混合施用对锌的活性以及锌在油菜中的积累有促进作用。

3 讨论

由以上分析可知, 猪粪发酵沼液灌溉油菜对油菜的品质及安全性有一定的影响。衡量油菜营养价值和适口性的主要品质指标有 VC、总糖、粗蛋白和可溶性固形物等。油菜中硝酸盐和亚硝酸盐含量表征了其安全性, 铜、锌含量用于考察猪饲料添加剂中所含的铜和锌是否通过猪粪沼液施用的途径富集于蔬菜体内。

沼液中的有机物质可促进植物对铁的吸收, 铁是呼吸作用电子传递蛋白复合体的重要组成部分, 影响着整个电子传递链, 通过此机理促进了 VC 的代谢^[7]。已有研究大多表明, 施用沼液可促进叶菜中 VC 含量的提高, 增幅随叶菜的种类不同而异, 油菜^[8,16~18]为 0.91% ~ 59.4%, 小白菜^[24~26]为 0.74% ~ 48.4%, 芹菜^[27]9.07%, 大白菜^[21]47% ~ 106%, 但张进等^[28]的研究却发现, 随沼液营养液中沼液浓度的增加, 油菜 VC 含量呈现低 - 高 - 低的趋势, 最高较对照增加 10.5%, 最低较对照下降 25.9%。本研究结果表明, 施用低稀释倍数沼液 (T1), 提高了油菜的 VC 含量达 3.1 倍。“低浓度沼液 + 化肥”施用处理 (T2) 使油菜 VC 含量提高了 60%。

总糖、粗蛋白和可溶性固形物都是衡量油菜品质的重要指标, 影响着油菜的营养价值、口感和商品价值。现有研究中施用沼液对油菜总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量影响的报道不多, 研究较多的是对油菜还原糖和可溶性糖含量的影响。如郝鲜俊等^[27]的研究表明, 施用沼液比施用等氮、磷、钾的化肥显著地提高了芹菜中还原糖的含量达 51.31%。与施纯化肥处理相比, 施用沼肥处理能显著提高小白菜可溶性糖含量 5.7% ~ 23.0%^[24]。低量沼肥处理的小白菜可溶性糖含量最高, 为 219.307 mg/kg, 比对照提高

24.032%^[25]。本研究中全沼液处理 (T1) 的总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量分别较对照提高了 11%、28% 和 20%, 明显地改善了油菜的品质。但沼液和化肥混合施用的处理 (T2) 相应的指标则较对照下降了 6.7%、14% 和 13%, 油菜品质较全化肥处理略有下降。

硝酸盐摄入人体后在消化道中经细菌作用可还原成亚硝酸盐, 亚硝酸盐能迅速进入血液, 将血红蛋白中的二价铁转化为三价铁, 使其形成无法运载氧气的高铁血红蛋白, 造成人体缺氧, 引发高铁血红蛋白症。因此, 硝酸盐含量是评价蔬菜安全性的重要指标之一。蔬菜的硝酸盐含量与施肥关系密切^[8]。人体摄入的硝酸盐有 81.2% 来自蔬菜^[21]。以往多数研究表明, 施用沼液较施用化肥可有效降低油菜等叶菜类蔬菜中硝酸盐的含量, 油菜^[8,16~18]的降幅为 1% ~ 85%, 小白菜^[25,26]的降幅为 7.95% ~ 32%。芹菜为 30% ~ 50%, 生菜为 31.8% ~ 87.61%^[29,30], 莴笋叶为 13.8% ~ 53.5%, 莴笋茎为 2.7% ~ 28.0%^[30]。但张进等^[28]的研究表明, 沼液成分对小白菜体内硝酸盐的积累有显著促进作用, 随沼液营养液氮含量的增加小白菜植株硝酸盐含量呈上升趋势, 最高达 2 920.22 mg/kg, 与对照相比显著提高了约 2.3 倍。本研究中 T1 处理油菜硝酸盐含量比对照提高了 35%, 达到 2 700 mg/kg, 接近标准限定值 (3 000 mg/kg), 食品安全性大为降低, 并且检出了亚硝酸盐。相反, T2 的硝酸盐含量则比对照下降了 50%, 且亚硝酸盐未检出, 安全性增加。

为研究随着猪饲料添加剂进入沼液的铜和锌是否随着沼液利用累积到油菜中, 本研究测试了油菜的铜和锌含量, 结果表明, 各处理的油菜铜含量均低于 0.10 mg/kg, 未见铜元素在油菜体内累积的趋势。T1 和 T2 油菜体内的锌含量均高于 CK, 表现出较为明显的累积效果。

综合以上结果, “全沼液处理” (T1) 的油菜 VC、总糖、粗蛋白和可溶性固形物含量均高于“沼液和化肥混合施用处理” (T2), 但除 VC 外, 其余三项指标均未达显著差异 ($P > 0.05$)。而硝酸盐和亚硝酸盐含量方面, 则 T2 安全性优于 T1。同时, T1、T2 均表现出较为明显的锌累积现象, 尤以 T2 为甚。由于在本研究的试验条件下, T1 和 T2

分别在营养品质和安全性上占优,因此尚不能推断出本研究中的最佳处理。另外,由于试验设置的处理水平较少,未能获得最佳生理指标油菜的处理水平,在今后的研究中,在处理水平的设置方面进行科学优化,同时减少试验误差,以便获得对实际生产更具指导意义的科学数据。

参 考 文 献

- [1] 屠云璋. 畜禽养殖场沼气工程建设和发展之我见[EB/OL]. <http://www.zhaoqichanye.com/Thesis/201101/471.html>, 2011.
- [2] 段然,王刚,杨世琦,等. 沼液对农田土壤的潜在污染分析[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(3): 310-315.
- [3] 隋倩雯,董红敏,朱志平,等. 沼液深度处理技术研究与应用现状[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(1): 83-87.
- [4] 王朝辉,李生秀,田霄鸿. 不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响[J]. 植物营养和肥料学报, 1998, 4(1): 22-28.
- [5] 刘锐. 蔬菜施肥与硝酸盐的含量[J]. 长江蔬菜, 1998, 11(6): 237-243.
- [6] 许翠平,吴文勇,刘洪禄,等. 再生水灌溉对叶菜类蔬菜产量及品质影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(5): 23-26.
- [7] 吴文勇,许翠平,刘洪禄,等. 再生水灌溉对果菜类蔬菜产量及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 36-40.
- [8] 高红莉. 施用沼液对青菜产量品质及土壤质量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(增刊): 043-047.
- [9] 农业部. NY/T654—2002 绿色食品白菜类蔬菜[S]. 北京: 中国农业出版社, 2002, 1-14.
- [10] 马伯禄,吴惠敏,刘昱,等. GB 18406.1—2001 农产品安全质量无公害蔬菜安全要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001, 1-7.
- [11] 江苏省农科院综合实验室. GB 6195-1986 水果、蔬菜维生素C含量测定法(2,6-二氯酚滴定法)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986, 1-4.
- [12] 饶泽青,杨翠乔. GB/T 8856—1988 水果、蔬菜产品粗蛋白质的测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988, 1-3.
- [13] 中国标准出版社第一编辑室. 中国农业标准汇编果蔬卷(上册)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [14] 杨宏福,黄宛春,黄巧华. GB/T 12295—1990 水果、蔬菜制品可溶性固形物含量的测定—折射仪法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1990, 1-5.
- [15] 李鸿恩,周聪韧,李亚兰,等. GB/T 15401—1994 水果、蔬菜及其制品亚硝酸盐和硝酸盐含量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994, 1-5.
- [16] 赵凤莲,孙钦平,李吉进,等. 不同沼液对油菜产量、品质及氮素利用效率的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(3): 127-130.
- [17] 乔一飞,洪坚平. 沼液配施对水培油菜产量及品质的影响[J]. 山西农业科学, 2008, 36(6): 53-55.
- [18] 张媛,洪坚平,任济星,等. 沼液对油菜产量及品质的影响[J]. 山西农业科学, 2007, 35(5): 54-57.
- [19] 农业部. NY/T748—2003 绿色食品豆类蔬菜[S]. 北京: 中国农业出版社, 2003, 1-12.
- [20] 农业部. NY/T655—2002 绿色食品茄果类蔬菜[S]. 北京: 中国农业出版社, 2003, 1-15.
- [21] 魏宗强,李吉进,张杰,等. 沼液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.
- [22] 艾天,刘庆玉,李金洋,等. 施用沼液对生菜生长特性及品质影响的研究[J]. 可再生能源, 2006, 6: 51-53.
- [23] 蔡绵聪. 生物有机肥对花椰菜生产的影响[J]. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 2003, 21(1): 67-69.
- [24] 黄涛,荣湘民,刘强,等. 施肥模式对春玉米和小白菜的产量和品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2010, 3: 46-49.
- [25] 王远远,沈飞,刘荣厚,等. 沼液对小白菜产量及品质的影响[J]. 可再生能源, 2007, 25(5): 40-43.
- [26] 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: 220-222.
- [27] 郝鲜俊,洪坚平,谢英荷,等. 施用沼液对芹菜品质和产量的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(7): 408-412.
- [28] 张进,张妙仙,单胜道,等. 沼液对无土栽培小白菜(*Brassica chinensis* L.)产量及品质的影响初探[J]. 科技通报, 2010, 26(3): 407-412.
- [29] 苏有勇,卢怡,施卫省. 沼液对无土栽培生菜产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2008, (1): 60-62.
- [30] 徐卫红,王正银,权月梅,等. 沼液对茼蒿和生菜硝酸盐含量及营养品质的影响[J]. 农村生态环境, 2003, 19(2): 34-37.