

叶面喷施沼液对苹果树营养生长 和果实品质的影响

王伟楠^{1a,2}, 杨改河^{1b,2}, 任广鑫^{1b,2}, 冯永忠^{1b,2}, 孔德杰^{1a,2}

(1 西北农林科技大学 a. 资源环境学院, b. 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省循环农业工程技术中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】明确叶面施用沼液对苹果树营养生长和果实品质的效应,探索不同施肥时期苹果树叶面喷施沼液的最佳施用浓度和喷施次数。【方法】以沼液为肥源,在施肥期对苹果树叶面喷施不同浓度(0%,50%,75%,100%)和不同次数(1,2,3 次)的沼液,通过二因素随机区组试验,分析苹果树叶面喷施沼液对果树营养和苹果品质的影响。【结果】与对照相比,喷施适当浓度和次数的沼液,可使苹果树新枝长增加 4.41%~33.14%,相对叶绿素含量增加 7.11%~30.29%,单果重提高 3.07%~15.34%,苹果纵径增加 1.01%~7.41%,横径增加 1.63%~6.08%,硬度提高 4.44%~18.88%,可溶性固形物含量提高 0.74%~15.44%,可滴定酸降低 1.11%~25.41%,固酸比增加 4.93%~36.68%,维生素 C 提高 4.03%~72.32%。【结论】对苹果树喷施沼液处理有利于果树的营养生长,但影响并不显著,喷施沼液对果实品质有改善作用,以 75%沼液喷施 3 次的施肥处理组合最为理想。

【关键词】 沼液;苹果树;叶面喷施;果实品质

【中图分类号】 S661.106+.2 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)11-0151-06

Effect of spraying anaerobic fermentation slurry on leaves on growth and fruit quality of apple

WANG Wei-nan^{1a,2}, YANG Gai-he^{1b,2}, REN Guang-xin^{1b,2},
FENG Yong-zhong^{1b,2}, KONG De-jie^{1a,2}

(1 a. Resources and Environment College, b. Agriculture College, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China,
2 The Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The experiment identified the effect of spraying anaerobic fermentation slurry on apple trees, growth and fruit quality and investigated the optimal concentration and times of anaerobic fermentation slurry on apple trees during different periods. 【Method】 The experiment was carried out through two-factor randomized block design, and two factors were concentration (0%, 50%, 75%, 100%) and frequency (1, 2 or 3 times). 【Result】 The result shows that applying proper concentration and times of anaerobic fermentation slurry on the leaves of apple trees increased the new branch width by 4.41%—33.14%, relative chlorophyll content by 7.11%—30.29%, fruit weight by 3.07%—15.34%, and fruit length by 1.01%—7.41%, fruit width by 1.63%—6.08%, rigidity of fruit by 4.44%—18.88%, total soluble solid content by 0.74%—15.44%, solid acid ratio by 4.93%—36.68%, vitamin C by 4.03%—72.32%, but reduced titratable acidity by 1.11%—25.41%. 【Conclusion】 Anaerobic fermentation slurry

* [收稿日期] 2007-11-15
[基金项目] 科技部科技成果转化项目(2007GB2G000312); 陕西省科技攻关项目(2005K01-G17-03); 陕西省重大科技专项计划项目(2006KZ09-G5)
[作者简介] 王伟楠(1981—),男,辽宁清原人,在读硕士,主要从事区域生态环境与资源利用研究。E-mail: wwnan2008@163.com
[通讯作者] 冯永忠(1972—),男,甘肃渭源人,讲师,博士,主要从事资源与环境生态研究。

can improve the growth of apple tree but the effect is not very significant. Anaerobic fermentation slurry have significant effects on fruit quality. The optimal treatment, which can promote fruit quality, is spraying 75% anaerobic fermentation slurry 3 times on the leaves of apple tree.

Key words: anaerobic fermentation slurry; apple tree; spraying on leaf; fruit quality

发展无公害苹果产业已成为提高苹果质量及增强其市场竞争力的苹果产业化发展措施,也是当前苹果产业发展中亟待解决的重大而紧迫的问题,是果业可持续发展的必由之路^[1]。

作为一种养分充足又不会对果园环境和果实品质产生不良影响的有机肥,沼液是一种优良的无公害苹果生产肥料^[2-3]。沼液中不仅含有 N、P、K 等营养元素,而且含有丰富的氨基酸、生长激素、抗生素、微量元素等营养物质,是一种速效的有机复合肥,所以又称之沼肥^[4-5]。合理使用沼肥可以提高作物产量,改善产品品质^[6-8],有利于发展“无公害”和“绿色”农产品^[9-11]。同时,沼液作为肥料的推广应用,也将进一步完善以沼气为核心的生态农业的发展,更好地解决农业废弃物对农村环境的污染和农村居民的生活能源问题,促进生态建设,保障农业清洁生产和食品安全,发展循环经济^[12-14]。当前,在农业部农村富民家园计划的推动下,以沼气为核心的生态农业模式在我国得到了大面积推广,产生了大量的沼液,但是广大农户对沼液的施用方法、施用浓度和施用次数的选择仍然依靠其经验水平。

尽管一些研究已经表明,叶面喷施沼液对几种果树的生长和果实品质的提高有促进作用^[7,15],但是对于苹果树叶面喷沼液的系统研究,特别是不同施肥时期施肥浓度和次数的研究尚鲜有报道。为此,本试验采用二因素(沼液浓度和喷肥次数)随机区组试验,在叶片形成期、叶片生长期和果实膨大期对苹果树叶面喷施沼液,分析比较各处理组间喷施沼液对果树营养生长和果实品质的影响,探索不同施肥期施肥的最佳浓度和喷施次数的处理组合,以期对沼液的合理施用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 苹果品种 供试苹果品种为富士,2000 年定植,株行距 2 m×3 m,果园管理水平中等,树势中庸。

1.1.2 供试沼液 供试沼液中含有机质 8.140 g/L,全氮 1.250 g/L,全钾 4.304 g/L,全磷 0.028 g/L,速效钾 2.627 g/L,速效磷 2.949 mg/L,速效

氮 463.050 mg/L,pH 为 8.505。

1.2 试验设计

试验于 2005 年在陕西省陇县牙科乡的果园进行。供试土壤含有机质 10.011 g/kg,全氮 0.677 g/kg,全钾 24.542 g/kg,全磷 0.257 g/kg,速效钾 159 mg/kg,速效磷 1.47 mg/kg,速效氮 50.950 mg/kg,pH 为 7.195。

试验设沼液浓度(A)和喷施次数(B)两个因素,按随机区组设计,沼液浓度即体积分数(A)设 4 个水平:A₁ 为 0%沼液,即以清水代替沼液作为对照;A₂ 为 50%沼液;A₃ 为 75%沼液;A₄ 为 100%沼液。

叶面喷施沼液的次数(B)设 3 个水平:B₁ 为 1 次喷施(喷施时间为 05-20),B₂ 为 2 次喷施(喷施时间分别为 05-20 和 07-20),B₃ 为 3 次喷施(喷施时间分别为 05-20、07-20 和 08-20)。共 12 个处理,单株小区,重复 4 次。

1.3 试验方法

采用叶面喷施法,取正常产气 3 个月以上的沼气池出料间里的沼液,澄清过滤后放置 2~3 d。叶面喷施需选择在无风的晴天或阴天进行,并选择在湿度较大的早晨或傍晚时喷施。喷施叶面时侧重于树叶背面,以叶面布满水珠但不滴水为宜。2005-11 对各处理(包括对照)的果树进行标记,并施以 25 kg/株沼渣作为基肥,在第 2 年 3 月追施 25 kg/株沼渣。

2006-09 对果树的新枝长、新枝叶片数、相对叶绿素含量进行测量;并将每个处理采收的 12 个果实带回实验室,分析果实的单果重、横纵径、硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素 C 含量。

1.4 测定方法

果实硬度采用 GY-1 型果实硬度计测定,可溶性固形物含量采用 WYZ 型手持测糖仪测定,可滴定酸采用酸碱中和滴定法测定,维生素 C 采用 2,6-二氯酚靛酚法测定。2006-09 采用 CM-1000 叶绿素仪测定果树叶片的相对叶绿素含量。

1.5 数据处理

试验数据采用 SAS 软件进行统计与分析,用邓肯(Duncan)新复极差法分析差异显著性。

2 结果与分析

2.1 喷施沼液对苹果树营养生长的影响

由表 1 可知,各喷施沼液处理的苹果树新枝长均高于其相应对照,各处理的新枝叶片数与对照相近。各喷施沼液处理中,除处理 A₂B₁ 和 A₃B₁ 外,

其余处理的叶片相对叶绿素含量均大于其相应对照。可见在不同施肥期,喷施一定浓度的沼液有利于苹果树新枝长的生长和叶片相对叶绿素含量的提高。方差分析结果表明,不同浓度沼液和不同施肥次数处理对苹果树新枝长、新枝叶片数和相对叶绿素含量的影响均不显著($P>0.05$)。

表 1 喷施沼液对苹果树营养生长的影响

Table 1 Effects of anaerobic fermentation slurry on the growth of apple tree

沼肥浓度处理 Concentration	喷施次数处理 Time	新枝长/cm Length of fresh tree top	新枝叶片数 Numeber of leaves on fresh tree top	相对叶绿素含量 Relative chlorophyll content
A ₁	B ₁	18.1	11	309
	B ₂	19.7	11	274
	B ₃	20.4	13	290
A ₂	B ₁	22.2	11	305
	B ₂	22.6	12	354
	B ₃	24.8	12	337
A ₃	B ₁	24.1	13	303
	B ₂	23.9	12	298
	B ₃	21.3	13	361
A ₄	B ₁	22.4	11	331
	B ₂	26.2	11	357
	B ₃	22.5	10	326

2.2 喷施沼液对苹果果实品质的影响

2.2.1 果实的外在品质 单果重是构成产量的重要指标。由表 2 可知,各喷施沼液处理的苹果果实单果重均较其相应的对照大,可见喷施沼液可提高果实的单果重。经二因素方差分析可知,喷施沼液处理对苹果果实单果重的影响在不同的喷施浓度间有显著差异,在不同喷施次数间有极显著差异,二者的交互作用不显著。由表 3 可见,A₂、A₃、A₄ 处理

间单果重的差异不显著,A₁ 与 A₂、A₄ 处理间差异显著,而与 A₃ 差异不显著。因此,就沼液浓度而言,50%,75%和 100%都是可取的,但以 100%浓度处理的单果重略大;由表 4 可见,B₂、B₁ 与 B₃ 处理间单果重差异显著,而处理 B₂ 与 B₁ 的差异不显著。因此就喷施次数而言,提高单果重的喷施次数以 3 次为宜。

表 2 喷施沼液对苹果果实外在品质的影响

Table 2 Effects of anaerobic fermentation slurry on fruit external quality of apple

沼液浓度处理 Concentration	喷施次数处理 Time	单果重/g Fruit weight	果实纵径/mm Fruit length	果实横径/mm Fruit width	果形指数 Fruit shape index
A ₁	B ₁	211.27	66.4	78.2	0.85
	B ₂	215.32	65.8	79.4	0.83
	B ₃	239.53	68.8	80.5	0.86
A ₂	B ₁	217.77	68.1	78.1	0.87
	B ₂	248.37	69.5	81.4	0.85
	B ₃	262.11	69.5	82.2	0.85
A ₃	B ₁	224.61	67.8	79.8	0.85
	B ₂	222.09	68.3	79.3	0.86
	B ₃	264.65	70.6	82.2	0.86
A ₄	B ₁	230.61	68.1	80.6	0.85
	B ₂	235.97	69.1	80.7	0.86
	B ₃	272.07	73.9	85.4	0.86

果实纵、横径是与果实体积相关的重要指标,体积的增大有利于提高果实的大果率。由表 2 可知,

喷施沼液处理的苹果果实纵径均较其相应的对照大。各喷施沼肥处理中,除处理 A₂B₁ 和 A₃B₂ 外,

其他处理的果实横径均较其相应对照大。可见喷施沼液有利于果实纵、横径的提高。经二因素方差分析可知,沼液对果实纵、横径的影响在不同的喷施浓

度间达到显著差异水平,在不同的喷肥次数间有极显著差异,二者的交互作用不显著。

表 3 喷施沼液浓度对苹果果实外在品质影响的 DUNCAN 新复极差法分析

Table 3 Duncan’s mutiple range test of effect of different concentrations of anaerobic fermentation slurry on fruit external quality of apple

沼液浓度处理 Concentration	单果重/g Fruit weight	果实纵径/mm Fruit length	果实横径/mm Fruit width	果形指数 Fruit shape index
A ₁	222.038 b	66.975 b	79.358 3 b	0.844 17 a
A ₂	242.749 a	69.008 ab	80.558 3 ab	0.856 67 a
A ₃	237.117 ab	68.883 ab	80.433 3 ab	0.855 83 a
A ₄	246.215 a	70.358 a	82.225 0 a	0.855 00 a

注:同列数据后标不同字母者表示差异显著($P<0.05$),下表同。

Note: Different letters in the same column indicated significance at $P<0.05$. The same as below.

表 4 喷施沼液次数对苹果果实外在品质影响的 DUNCAN 新复极差法分析

Table 4 Duncan’s mutiple range test of effect of different times of anaerobic fermentation slurry on fruit external quality of apple

喷施次数处理 Time	单果重/g Fruit weight	果实纵径/mm Fruit length	果实横径/mm Fruit width	果形指数 Fruit shape index
B ₁	221.065 b	67.593 8 b	79.143 8 b	0.852 50 a
B ₂	230.436 b	68.162 5 b	80.187 5 b	0.850 63 a
B ₃	259.589 a	70.662 5 a	82.600 0 a	0.855 62 a

表 3 表明,除 A₄ 与 A₁ 处理间差异显著外,其余处理对苹果纵、横经的影响均无显著差异,因此就浓度而言,50%、75% 和 100% 都是可取的,但以 100%沼液处理的苹果果实纵、横径略大;由表 4 可知,B₂、B₁ 与 B₃ 处理间果实纵、横径有显著差异,而 B₂ 与 B₁ 间差异不显著,故喷施次数以 3 次为宜。

果形指数是评价果实外观的一项重要指标,方差分析结果表明,喷施浓度和喷施次数对其均无显著影响影响。

2.2.2 果实的内在品质 由表 5 可知,各喷施沼液处理中,除 A₃B₁ 处理的果实硬度小于其对照外,其他处理的果实硬度均较其相应对照大,可见喷施沼液有利于提高果实的硬度。经二因素方差分析可知,沼肥对苹果果实硬度的影响,在不同喷施浓度间达到的极显著差异水平,在不同喷肥次数间有显著差异,二者交互作用显著。

表 5 喷施沼液对苹果果实内在品质的影响

Table 5 Effects of anaerobic fermentation slurry on fruit internal quality of apple

沼液浓度处理 Concentration	喷施次数处理 Time	果实硬度/ (kg·cm ⁻²) Rigidity of fruit	可溶性固形物/% Soluble solid content	可滴定酸/% Titratable acid	固酸比 Ratio of solid and acid	维生素 C/ (mg·kg ⁻¹) Vitamin C
A ₁	B ₁	9.9	12.3	3.21	3.89	11.2
	B ₂	8.5	13.5	3.58	3.79	16.0
	B ₃	9.0	13.8	3.10	4.46	14.9
A ₂	B ₁	9.9	12.7	2.80	4.57	19.3
	B ₂	9.0	12.9	3.54	3.72	17.6
	B ₃	10.5	14.6	3.15	4.68	14.8
A ₃	B ₁	9.3	14.2	3.11	4.71	13.7
	B ₂	9.9	13.6	2.67	5.18	17.7
	B ₃	9.4	14.3	2.81	5.22	17.7
A ₄	B ₁	10.4	13.8	3.15	3.15	18.1
	B ₂	9.9	14.3	3.13	3.13	11.2
	B ₃	10.7	14.9	2.82	2.82	15.5

由表 6 可以看出,A₄ 与 A₃、A₂、A₁ 处理间果实硬度差异显著,A₃ 与 A₁、A₂ 处理间差异不显著,而 A₂ 与 A₁ 处理间差异显著,说明 100%为可取浓度,50%和 75%浓度处理次之;由表 7 可知,B₃ 与 B₁ 处理的果实硬度显著高于 B₂ 处理,即 3 次和 1 次均为可取的喷施次数,但以 3 次略优。

表 6 喷施沼液浓度对苹果果实内在品质影响的 DUNCAN 新复极差法分析

Table 6 Duncan's mutiple range test of effect of different concentrations of anaerobic fermentation slurry on fruit internal quality of apple

沼液浓度处理 Concentration	果实硬度/ (kg·cm ⁻²) Rigidity of fruit	可溶性固形物/% Total soluble solid content	可滴定酸/% Titratable acid	固酸比 Ratio of solid and acid	维生素 C/ (mg·kg ⁻¹) Vitamin C
A ₁	9.141 7 c	13.208 3 b	3.294 2 a	4.044 2 b	1.402 5 a
A ₂	9.766 7 b	13.433 3 b	3.164 2 a	4.325 0 b	1.724 2 a
A ₃	9.558 3 bc	14.041 7 a	2.861 7 a	5.035 8 a	1.635 8 a
A ₄	10.325 0 a	14.325 0 a	3.034 2 a	3.034 2 c	1.495 0 a

表 7 喷施沼液次数对苹果果实内在品质影响的 DUNCAN 新复极差法分析

Table 7 Duncan's mutiple range test of effect of different times of anaerobic fermentation slurry on fruit internal quality of apple

喷施次数处理 Time	果实硬度/ (kg·cm ⁻²) Rigidity of fruit	可溶性固形物/% Total soluble solid content	可滴定酸/% Titratable acid	固酸比 Ratio of solid and acid	维生素 C/ (mg·kg ⁻¹) Vitamin C
B1	9.868 8 a	13.262 5 b	3.068 1 a	4.080 0 a	1.558 8 a
B2	9.318 8 b	13.581 3 b	3.226 9 a	3.952 5 a	1.563 8 a
B3	9.906 3 a	14.412 5 a	2.970 6 a	4.296 9 a	1.570 6 a

从表 5 可以看出,对于苹果果实的可溶性固形物含量而言,各喷施沼液处理中,除 A₂B₂ 处理果实的可溶性固形物含量小于其对照外,其他喷施沼液处理果实的可溶性固形物含量均大于其相应对照,可见喷施沼液有利于提高果实的可溶性固形物含量。经二因素方差分析可知,沼肥对果实可溶性固形物含量的影响,在不同喷施浓度和不同喷肥次数间有极显著差异,且二者交互作用显著。由表 6 可知,A₄ 与 A₃ 及 A₂ 与 A₁ 处理间果实可溶性固形物的含量差异不显著,A₃、A₄ 与 A₂、A₁ 处理间果实可溶性固形物含量差异显著,即 100% 和 75% 为可取浓度;由表 7 可知,B₃ 处理果实的可溶性固形物含量显著高于 B₂ 和 B₁ 处理,表明喷施 3 次对果实可溶性固形物含量的形成更为有利。

对于果实口感评价的重要指标固酸比而言^[16],100%沼液处理不利于果实固酸比的提高(表 5)。沼液对固酸比的影响在不同的喷施浓度间差异极显著,在不同喷肥次数间差异不显著,二者的交互作用也不显著。表 6 表明,A₄ 与 A₁、A₂、A₃ 处理间固酸比差异显著,而 A₁、A₂ 处理间差异不显著,A₁、A₂ 与 A₃ 处理间差异显著,即 75% 为最佳喷施浓度。

由表 5 可知,喷施沼液处理有利于果实可滴定酸含量的降低和维生素 C 含量的提高,但方差分析结果表明,喷施沼液对其影响并不显著。

3 讨 论

1)苹果树营养生长中的新梢生长和幼果发育,在时间上几乎一致,两者对营养物质分配的竞争尤

为激烈。如果营养生长过旺,则势必会影响到果实的发育,甚至会造成生理性的落果,严重降低苹果的产量。本试验结果表明,对苹果树叶面喷施沼液有利于苹果树的营养生长,但影响并不显著。

2)磷不仅是果树光合作用的重要元素,而且磷的增加有利于叶片中的光合产物向茎、根、果实等部位运输。供试土壤中速效磷含量相对较少,叶面喷施沼液后使得磷素在果实发育的关键时期得到了有效的补给。本试验中发现,喷施沼液处理对苹果果实的单果重及果实纵、横径的增加有促进作用。李聚芳等^[17]用沼液(100%浓度)喷施红富士苹果树,单果重较对照(清水)增加 30%,这与本试验结果相似。

3)沼液中丰富的磷、钾含量及一些重要微量元素都与果实内在品质的改善密切相关。因此,在苹果生长发育的关键时期喷施适宜浓度的沼液,对苹果果实品质的提高有一定促进作用。在本试验中,沼液明显地改善了苹果果实的硬度、可溶性固形物含量和固酸比,对可滴定酸和维生素 C 的影响虽然不明显,但也有一定的改善作用。赵玲等^[18]研究表明,与清水对照相比,沼液处理对草莓果实维生素 C 含量、固形物含量、固酸比有明显改善效果。李聚芳等^[17]用沼液在苹果上的喷施试验表明,喷施沼液的果实硬度较对照(喷清水)增加了 7.3%,这与本试验结论基本相同。

4)本研究结果表明,喷施沼液的最佳处理组合为 A₄B₃ 或 A₃B₃,即 100%沼液喷施 3 次,或 75%沼液喷施 3 次。但 A₄B₃ 处理果实的固酸比稍低,而

A₃B₃ 处理的果实硬度稍低,这可能是由于不同时期喷施不同浓度沼液对其影响效应不同所致。总之,喷施 3 次是促进苹果果树营养生长和改善果实多数品质指标的最优处理,而 100%和 75%均是可以选择的浓度处理,但从节省肥料的角度考虑,拟选择 75%沼液作为最优浓度。与对照相比,75%沼液喷 3 次处理的新枝长增加了 4.41%,相对叶绿素含量增加 24.48%,单果重提高了 10.49%,纵径增加了 2.62%,横径增加了 2.11%,硬度提高了 4.44%,可溶性固形物含量提高了 3.62%,可滴定酸降低了 9.35%,固酸比增加了 17.04%,维生素 C 提高了 18.792%。

4 结 论

对苹果树喷施沼液有利于果树的营养生长,但影响并不十分显著;喷施沼液有利于苹果果实品质的提高,对果实品质中的单果重、纵横径、果实硬度、可溶性固形物含量和固酸比的改善作用尤为明显。综合比较认为,75%沼液喷施 3 次是理想的施肥处理组合。

[参考文献]

[1] 刘全国,孙悦玲.红富士苹果无公害优质栽培技术[J].北方园艺,2007(9):104.
Liu G Q, Sun Y L. Cultivation techniqu of high quality and free-pollutant of Red Fuji apple production[J]. Northern Horticulture,2007(9):104. (in Chinese)

[2] 程继明.无公害苹果生产的前景和措施[J].北方园艺,2007(4):61.
Cheng J M. The prospect and measures of Free-Pollutant of apple production[J]. Northern Horticulture, 2007(4): 61. (in Chinese)

[3] 牛永浩,花蕾.渭北无公害优质苹果生产关键技术研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(10):145-147.
Niu Y H, Hua L. Key techniques for the production of high quality pollution-free apples in Weibei area[J]. Journal of Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition,2006,34(10):145-147. (in Chinese)

[4] 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(S1):165-171.
Zhong P,Li Z B,Li Q R,et al. Contents of selected nutrients and heavy metals in biogas slurry[J]. Journal of Agro-Environment Science,2007,26(S1):165-171. (in Chinese)

[5] 弋晓康,韩勇.生态家园中沼气发酵产物的综合利用[J].农机化研究,2006(3):192-194.
Yi X K,Han Y. The comprehensive utilization of the fermenting products of methane in ecological homeland[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(3): 192-194. (in

Chinese)

[6] 陈颖,王绍旋.玉米大豆间作体系沼液浸种的产量效应分析[J].种子,2005,24(8):29-33.
Chen Y,Wang S X. Output effect analysis of seed soaking with the methane pit in intercropping of the corn and the soybean[J]. Seed,2005,24(8):29-33. (in Chinese)

[7] 刘小刚,李丙智,张林森,等.追施沼液对红富士苹果品质及叶片生理效应的影响[J].西北农业学报,2007,16(3):105-108.
Liu X G,Li B Z,Zhang L S,et al. Effect of biogas slurry on fruit quality and leaf physiological activity index of Fuji apple[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(3):105-108. (in Chinese)

[8] 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.
Ye W Z,Cheng G L,Lu H,et al. Effect of biogas slurry on yield and quality of brassica and soil fertility[J]. Journal of Changjiang Veget Ables,2006(9):50-51. (in Chinese)

[9] 徐效俊,耿新美,张俊生.沼气在大棚蔬菜生产中的应用[J].北方园艺,2006(5):80.
Xu X J,Geng X M,Zhang J S. The application of biogas on greenhouse vegetables[J]. Northern Horitic Ulture,2006(5): 80. (in Chinese)

[10] 徐秀国.应用沼肥生产绿色蔬菜的关键技术[J].北方园艺,2006(6):72.
Xu X G. Key technology on application of biogas manure producing green vegetables[J]. Northern Horitic Ulture, 2006(6):72. (in Chinese)

[11] 钱靖华,林聪,王金花,等.沼液对苹果品质及土壤肥效的影响[J].可再生能源,2005(4):34-36.
Qian J H,Lin C,Wang J H,et al. Effect of biogas residues on apples' quality and soil fertility[J]. Renewable Energy,2005(4):34-36. (in Chinese)

[12] 颜丽,李景明,任颜笑.农村沼气工程的共生效应[J].农业工程学报,2006,22(S1):89-92.
Yan L,Li J M,Ren Y X. Symbiosis effect of rural biogas project[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2006,22(S1):89-92. (in Chinese)

[13] 刘继芬.德国农村沼气利用概况[J].世界农业,2005(1):36-38.
Liu J F. Overview use of biogas in Germany rural area[J]. World Agriculture,2005(1):36-38. (in Chinese)

[14] 李典荣,王淑荣,李桂秀.沼气生态农业是实现农业可持续发展的有效途径[J].可再生能源,2004(4):57-58.
Li D R,Wang S R,Li G X. Ecological agriculture involved with bigao is an effective way to achieve sustainable agricultural development[J]. Renewable Energy, 2004(4): 57-58. (in Chinese)

[15] 徐效俊.沼肥在冬枣生产中的应用初探[J].可再生能源,2005(5):66-67.
Xu X J. Preliminary study on bioliquid and biosolid used in winter date production[J]. Renewable Energy, 2005(5): 66-67. (in Chinese)