

## 沼气发酵残余物对减少叶菜硝酸盐积累的影响研究\*

史雅娟

杨林书 李国学

(中国科学院生态环境研究中心 北京 100085) (中国农业大学生态和环境科学系 北京 100094)

**摘要** 利用沼气发酵残余物(沼液、沼渣,以下简称沼肥)生产低硝酸盐蔬菜的可行性试验表明,与化肥相比,适量沼肥或沼肥与化肥配合施用,均可明显减少蔬菜体内硝酸盐的积累,等 N 量的全沼肥较沼肥与化肥配合施用控制效果更好。油菜喷施沼液比灌施降低硝酸盐含量,而菠菜喷施沼液反而比灌施提高硝酸盐含量。相同施肥量下油菜体内硝酸盐含量上等肥力土壤明显高于低等肥力土壤;沼肥或沼肥与化肥配施在高肥力土壤上减少硝酸盐积累的作用比低肥力土壤更明显。施用沼肥对减少大棚油菜积累硝酸盐的作用更明显,而对菠菜作用反之,露地菠菜减少硝酸盐积累的作用明显。

**关键词** 沼气发酵残余物 油菜 菠菜 硝酸盐

**Effect of anaerobic fermentation residues on nitrate accumulation in leaf vegetables.** SHI Ya-Juan (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085), YANG Lin-Shu, LI Guo-Xue (Department of Ecological and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094), *CJEA*, 2002, 10(4): 58~61

**Abstract** The experiments in pot culture and field are conducted to study the factors of anaerobic fermentation residues (AFR) on nitrate accumulation in leaf vegetables. The exploration of strategy in nitrate accumulation aims at supporting the improvement of energy-environment engineering and the production of safe food. The results show that compared to chemical fertilizer, AFR can decrease the nitrate accumulation in rape and spinach; nitrate content in plant tissue is increased with the increase of percentage of chemical nitrogen in the mixture of chemical fertilizer and AFR. Comparing spraying dressing digested slurry with irrigation, spraying method can reduce the nitrate content of rape, however, a reverse result is found in spinach. The nitrate accumulation in rape affected by AFR has more apparent effect in high fertility soil than that in low one, and the regulation effect is more effectively in high fertility soil. To regulate the nitrate accumulation in plant has more apparent effect on rape under greenhouse cultivation and more apparent effect on spinach under open-air cultivation.

**Key words** Anaerobic fermentation residues, Rape, Spinach, Nitrate

目前蔬菜生产中大量施用 N 素化肥,导致蔬菜品质下降,如引起硝酸盐在蔬菜体内过多积累,由于沼气发酵残余物不能合理利用而造成二次污染及经济效益低下,常使沼气工程的应用受到限制。大量研究表明,沼液、沼渣可用作优质的饲料、有机肥料、生物农药、保鲜剂等<sup>[1,2]</sup>。为此,以沼液、沼渣(以下简称沼肥)作为蔬菜肥料,研究不同沼肥施用量与蔬菜硝酸盐含量的关系,探索施用沼肥控制蔬菜中硝酸盐积累的可行性,并分析了影响硝酸盐积累的追肥方式、土壤肥力水平、栽培方式等因素对沼肥与硝酸盐积累的影响。

### 1 试验材料与方法

供试油菜品种为“五月慢”和菠菜(圆叶种),供试沼液和沼渣取自北京市平谷县南独乐河果园沼气池,发酵原料为猪粪,养分状况见表 1。采用盆栽和小区试验,盆栽试验在中国农业大学科学园进行,小区试验在北京市平谷县南独乐河乡进行,供试土壤基本性状见表 2。试验设 3 种处理,即全沼肥处理(底肥为沼渣,追肥为沼液),沼化肥配施处理(底肥为沼渣和硫酸铵,追肥为沼液,总施 N 量为 300kg/hm<sup>2</sup>),化肥对照(CK)处理(底肥为尿素,追肥为硫酸铵,施 N 量分别为 150kg/hm<sup>2</sup>)。盆栽试验 A 供试土壤为中国农业大学土壤 I (见表 2),研究分析全沼肥处理 I、II 和 III 施用量(总施 N 量分别为 200kg/hm<sup>2</sup>、300kg/hm<sup>2</sup> 和 600kg/hm<sup>2</sup>)对油菜硝酸盐含量的变化,并以化肥 CK 和全沼肥 II 为对照,研究分析沼化肥处理 I、II 和 III 施用量(化肥 N 比例分别为 25%、50% 和 75%)对油菜硝酸盐含量的影响。小区试验 A 供试土壤为平谷土壤 III (见表 2),对

\* 国家自然科学基金资助项目(79930800)部分研究内容

收稿日期: 2001-12-31 改回日期: 2002-01-31

表 1 沼肥养分状况

Tab.1 The chemical properties of the bio-fertilizer

肥料 Bio-fertilizer	有机质/g·kg <sup>-1</sup> Organic Matter	全 N/g·kg <sup>-1</sup> Total N	全 P/g·kg <sup>-1</sup> Total P	全 K/g·kg <sup>-1</sup> Total K	速效氮/mg·kg <sup>-1</sup> Available N	速效磷/mg·kg <sup>-1</sup> Available P	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup> Available K
沼渣	332	14.17	8.24	12.80	2.00	549.20	883.64
沼液	-	0.809	0.0319	2.97	-	-	-

  

肥料 Bio-fertilizer	Ca	Co	Cu	Mg	Mn	Zn	Fe	Mo	Na	Cr	S
沼渣/mg·kg <sup>-1</sup>	9705.20	4.055	105.900	4744.10	218.00	257.40	5967.300	10.068	376.70	14.50	2062.90
沼液/mg·L <sup>-1</sup>	209.20	0.042	0.275	103.90	0.839	0.854	4.736	0.026	130.90	0.021	16.25

全沼肥处理的油菜(总施 N 量为 300kg/hm<sup>2</sup>)、沼化肥处理的油菜和菠菜(化肥 N 比例 30%),以沼液原液兑等量的水进行追肥,研究分析沼液的根部灌施、叶面喷施 2 种追肥方式对蔬菜硝酸盐含量的影响。盆栽试验 B 选用肥沃土壤及贫瘠土壤,供试土壤为农大土壤 I 和农大土壤 II,对全沼肥处理 I、II(施 N 量分别为 300kg/hm<sup>2</sup>、640kg/hm<sup>2</sup>)、沼化肥处理油菜施用量(化肥 N 占 25%),对比化肥对照处理研究分析沼肥在不同土壤肥力下对油菜硝酸盐积累的影响。小区试验 B 分别在大棚与露地对全沼肥(施 N 量为 300kg/hm<sup>2</sup>)和沼化肥(化肥 N 比例为 30%)处理的油菜和菠菜进行栽培,对比化肥对照处理,研究分析在不同栽培方式下沼肥对菠菜和油菜硝酸盐含量的影响,供试土壤为平谷土壤 I、II 和 III,平谷土壤 I 用于露地油菜的种植,平谷土壤 II 用于露地菠菜的种植,平谷土壤 III 用于大棚油菜和菠菜的种植。土壤与肥料有关指标采用常规农化分析方法测定,沼渣和沼液的微量元素指标采用等离子体发射光谱测定,植株硝酸盐含量采用紫外比色法测定,所采鲜样测定其可食部分,加标回收率 95%~105%。

表 2 供试土壤基本性状\*

Tab.2 Chemical properties of the tested soil

土壤 Soil	有机质/g·kg <sup>-1</sup> Organic matter	全 N/g·kg <sup>-1</sup> Total N	速效氮/mg·kg <sup>-1</sup> Available N	速效磷/mg·kg <sup>-1</sup> Available P	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup> Available K	肥力水平 Fertility level
农大土壤 I	18.50	1.10	136.00	38.8	205.50	上等
农大土壤 II	6.94	0.74	69.28	16.2	38.90	低等
平谷土壤 I	18.20	1.49	80.51	193.5	80.35	上等
平谷土壤 II	17.49	1.55	83.47	145.7	67.80	上等
平谷土壤 III	17.35	1.25	73.51	121.5	98.05	上等

\* 土壤肥力水平分级依据(中国科学院南京土壤研究所,1978)有机质含量 >20g/kg,肥力等级为高等;有机质含量 15~20g/kg 为中等;有机质含量 10~15g/kg 为中等;有机质含量 <10g/kg 为低等。

## 2 结果与分析

### 2.1 沼肥施用量对油菜硝酸盐含量的影响

表 3 不同沼肥及沼化肥施用量对油菜 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量的影响\*

Tab.3 Nitrate content in rape with the different application ratio of ADR and chemical fertilizer

处 理 Treatments	全沼肥 I Biofer-tilizer I	全沼肥 II Biofer-tilizer II	全沼肥 III Biofer-tilizer III	沼化肥 I Bioche-mical I	沼化肥 II Bioche-mical II	沼化肥 III Bioche-mical III	化肥 CK Chemical fertilizer
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/ mg·kg <sup>-1</sup>	1090.60	1054.00	1524.70	1089.40	1458.90	1534.90	1570.30
比对照增加/%	-	-32.88	-	-30.62	-7.09	-2.25	-

\* 表内均为鲜物质量,下同。

相同总施 N 量下随化肥 N 比例从 0% (全沼肥) 经 25%、50%、75% 增加到 100% (化肥对照),油菜的硝酸盐含量呈持续上升趋势(见表 3),与化肥相比,施用沼肥或沼肥与化肥配施可减少硝酸盐在油菜中的积累。施用全沼肥处理施 N 量由

200kg/hm<sup>2</sup> 增至 300kg/hm<sup>2</sup> 时油菜 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量基本不变,施 N 量继续增至 600kg/hm<sup>2</sup> 时油菜 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量明显升高(见表 3),说明适量施用沼肥可有效控制硝酸盐在蔬菜中的积累,但过量施用会增加硝酸盐在蔬菜中积累。

### 2.2 不同沼液追肥方式对蔬菜硝酸盐含量的影响

沼液中所含 N、P、K 主要是速效态,一般含 N 0.3~0.8g/kg, P 0.2~0.3g/kg, K 0.5~1.0g/kg, 并含 20 多种氨基酸及一些微量元素、生化物质等(见表 1),它可同时提供养分和水分,易被吸收和利用,适宜用作追

表 4 不同沼液追肥方式对蔬菜硝酸盐含量的影响

Tab. 4 Impact of irrigation and spraying digested slurry on nitrate of vegetables

蔬菜 Vegetables	处理 Treatments	追肥方式 Dressing methods	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/mg·kg <sup>-1</sup>	叶面喷施较灌施/% Compared with irrigation
油菜	全沼肥	灌 施	612.5	
		叶面喷施	469.1	-23.41
	沼化肥	灌 施	729.7	
		叶面喷施	581.5	-20.31
菠菜	沼化肥	灌 施	699.1	
		叶面喷施	785.9	+12.43

肥,追肥方式有根部灌施及叶面喷施 2 种。不同沼液追肥方式对蔬菜硝酸盐的影响试验结果(见表 4)表明,油菜全沼肥处理中叶面喷施比灌施降低硝酸盐 23.41%,沼化肥配施处理叶面喷施比灌施降低硝酸盐 20.31%,施用全沼肥、沼化肥油菜叶面喷施均比灌施沼液降低硝酸盐含量;而菠菜叶面喷施比灌施沼液硝酸盐含量增加 12.43%,表明菠菜叶面喷施比灌施造成硝酸盐积累的作用更明显。

### 2.3 不同土壤肥力与沼肥施用量对油菜硝酸盐含量的影响

土壤肥力水平代表土壤的 N、P、K、有机质、阴离子交换量、pH 值等特征值,对作物产量和品质有一定作用。研究表明,植物硝酸盐积累与土壤 N 素循环过程关系密切,其中矿化和硝化作用有一定意义,矿化作用及

表 5 不同土壤肥力与沼肥施用量对油菜 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量的影响Tab. 5 Impact of soil fertility and ADR on NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N contents of rape

土壤肥力 Soil fertility	处 理 Treatments	化肥 CK Chemical fertilizer	全沼肥 I Bio-fertilizer I	全沼肥 II Bio-fertilizer II	沼化肥 Bio-chem fertilizer
低 等	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/mg·kg <sup>-1</sup>	1071.80	934.70	1308.30	1026.10
	比 对 照 / %	-	-12.79	-	-4.26
上 等	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/mg·kg <sup>-1</sup>	1467.20	1246.10	1453.30	1305.40
	比 对 照 / %	-	-15.07	-	-11.03
上等较低等/%		36.89	33.32	11.08	27.22

硝酸盐累积强度取决于土壤肥力水平及周围环境。2 种肥力的土壤油菜体内硝酸盐的含量依次为全沼肥 I < 沼化肥 < 化肥对照(见表 5),2 种肥力土壤等 N 量的全沼肥和沼化肥处理均可控制油菜体内硝酸盐积累,含 25% 化肥 N 的沼化肥控制油菜体内硝酸盐积累的能力略低于全沼肥;且全沼肥 I、沼化肥与化肥对照之间的差异高肥力土壤大于低肥力土壤,说明沼肥和沼化肥在高肥力土壤控制油菜硝酸盐积累的作用更明显。由表 5 可知沼肥、沼化肥和化肥 CK 处理的油菜硝酸盐含量肥沃土壤比贫瘠土壤增幅 11.08%~36.89%,相同处理上等肥力土壤比低等肥力土壤油菜体内更易积累硝酸盐,2 种肥力土壤全沼肥处理随施 N 量的增加而油菜硝酸盐含量急剧上升,且不同土壤间存在差异,高 N 量时油菜硝酸盐含量较低 N 量时降低,由 33.32% 降至 11.08%。

### 2.4 露地与大棚小区试验比较

表 6 露地与大棚中施用沼肥对蔬菜硝酸盐含量的影响

Tab. 6 Impact of cultivation environment on NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N contents of vegetables

蔬菜 Vegetables	处 理 Treatments	露地 Open-air		大棚 Greenhouse		大棚较露地/% Compared with open-air
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/mg·kg <sup>-1</sup>	比对照/% Compared with CK	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/mg·kg <sup>-1</sup>	比对照/% Compared with CK	
油菜	化肥 CK	1088.8	-	1184.7	-	+8.81
	全沼肥	812.6	-25.37	612.5	-48.30	-24.62
	沼化肥	914.8	-15.98	729.7	-38.41	-20.23
菠菜	化肥 CK	731.0	-	993.0	-	+35.84
	全沼肥	428.3	-41.41	655.6	-32.97	+53.08
	沼化肥	525.0	-28.18	699.1	-29.60	+33.16

据研究,大棚蔬菜比露地蔬菜易富集硝酸盐。露地与大棚中采用相同技术措施和种植相同品种油菜与菠菜试验结果(见表 6)表明,相同施 N 量下大棚与露地中所有全沼肥、沼化肥

处理的油菜和菠菜硝酸盐含量均较化肥对照降低,全沼肥处理的硝酸盐含量分别低于等 N 量的沼化肥处理,与化肥对照相比大棚与露地中全沼肥、沼化肥处理均可减少菠菜和油菜硝酸盐积累,而全沼肥比沼化肥处理减少硝酸盐积累的效果更好。由表 6 可知,与露地相比大棚油菜全沼肥、沼化肥处理的硝酸盐含量分别降低 24.62% 和 20.23%,而化肥对照则升高 8.81%,表明大棚中施用沼肥减少油菜硝酸盐积累的效果好。与大棚相比露地中全沼肥、沼化肥处理的菠菜硝酸盐含量降低 33.16%~53.08%,而化肥对照降低

35.84%,表明露地中沼肥处理减少菠菜硝酸盐积累的效果好。

### 3 小 结

与化肥对照相比,适量施用沼肥或沼肥与化肥配合施用,均可明显减少蔬菜体内硝酸盐的积累,但过量施用沼肥会增加硝酸盐在蔬菜体内积累。等N量的全沼肥较沼化肥控制效果好,随化肥N的比例增加,沼化肥处理的蔬菜硝酸盐含量有上升的趋势。不同沼液追肥方式试验结果表明,油菜叶面喷施比灌施沼液降低硝酸盐含量,而菠菜叶面喷施反比灌施增加硝酸盐含量。相同施肥量下油菜体内硝酸盐含量在上等肥力土壤明显高于低等肥力土壤,沼肥和沼化肥处理在高肥力土壤上减少硝酸盐积累的作用更明显。施用沼肥对减少大棚中油菜硝酸盐积累的作用更明显,而对菠菜作用相反,露地菠菜减少硝酸盐积累的作用明显。油菜与菠菜在沼肥追肥方式和栽培方式试验中部分结果相反,这进一步说明硝酸盐的积累与遗传因素有关,在确定施用沼肥方案中需要考虑品种等因素。

### 参 考 文 献

- 1 蔡昌达等. 浮山养殖场一个以沼气为纽带的生态农场. 全国沼气综合利用技术交流会议文集. 成都:成都科技大学出版社,1992
- 2 张无敌等. 厌氧发酵残余物在防治病虫害中的作用. 中国沼气,1996,14(1):6~9

### 欢迎订阅 2003 年《中国南方果树》

《中国南方果树》是由中国农业科学院柑桔研究所主办的技术期刊,主要报道柑桔类果树,荔枝、龙眼、香蕉、杨梅、枇杷等常绿果树,梨、桃、苹果、葡萄、李等落叶果树的栽培管理、病虫害防治及适宜发展的品种等。本刊为双月刊,每期定价4.00元,全年24.00元,邮发代号:78-13,全国各地邮局均可订阅,漏订者可直接汇款至本刊补订,地址:(400712)重庆市北碚区歇马镇中国农业科学院柑桔研究所《中国南方果树》编辑部。

### 欢迎订购《生态经济学》专著

由中国生态经济学会生态经济理论与发展委员会主任王松需教授撰写的《生态经济学》专著已由陕西省人民教育出版社出版,该书22.5万字,阐述了我国生态经济学与可持续发展和指导经济改革的关系,学科基本理论范畴、指导实践的具体理论和原则,以及指导建设生态经济市县、生态工业、生态农业、生态林业、生态畜牧业、生态渔业、生态旅游和森林公园、山区生态经济开发与摆脱贫困、发展海洋产业和沿海地区经济、建立可持续生活消费模式的指导思想和有效做法等。该书每册定价17.00元(另加邮资3.00元),需订购者请汇款至(100732)北京市建国门内大街5号中国社会科学院中国生态经济学会王代收,联系电话:(010)65137744 转 5644,(010)62123001(请在汇款单上注明书名,购买册数及详细地址)。