

# 沼渣和沼液对油菜生长及氮素利用率的影响

张 杰<sup>1</sup>, 孙钦平<sup>2</sup>, 魏宗强<sup>1</sup>, 李吉进<sup>2</sup>, 邹国元<sup>2</sup>, 刘春生<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学 山东 泰安 271018; 2. 北京市农林科学院 植物营养与资源研究所, 北京 100097)

**摘要:** 设空白(CK)、无机肥(CF)、沼液(BS)、沼渣(BR)、沼渣+沼液配施(BR+BS)5个处理,除空白不施肥外,其余处理均等氮量投入。利用温室盆栽研究了施用沼渣、沼液对油菜产量、品质及氮素利用率的影响。结果表明:在油菜产量上,施用沼液与无机肥效果相当,分别达到13.4、13.7 g/盆,两者差异不显著,并且与沼渣+沼液处理差异也不显著,但均显著高于沼渣处理。在品质方面,沼渣、沼渣+沼液配施、沼液以及无机肥处理的硝酸盐含量分别为261.8、287.4、464.3、1 003.0 mg/kg,其中沼渣、沼渣+沼液配施以及沼液3种处理均显著低于无机肥处理;在油菜Vc含量上,沼渣以及沼渣+沼液配施处理的为Vc含量分别为5.3 mg/100g油菜、5.19 mg/100g油菜,两者均显著高于无机肥和沼液处理。各处理间,以沼液和无机肥的氮素利用率最高,分别为49.6%、51.8%,两者差异不显著,但均显著高于沼渣处理,沼渣+沼液配施处理则介于之间。

**关键词:** 沼渣;沼液;油菜;氮素利用率

**中图分类号:** S 141.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)11-0026-04

随着人民生活质量的提高,人们对蔬菜品质有了较高的要求。长期施用大量单一性化肥,尤其是氮素化肥,导致蔬菜品质下降、经济效益低,且致使土壤板结、化肥利用率下降等<sup>[1-4]</sup>。大量研究表明,有机肥具有增加土壤养分、增强土壤微生物活性及降低土壤重金属毒性和改善作物品质等作用<sup>[5-7]</sup>。近年来,随着农业部生态家园富民工程的实施,农村沼气建设发展迅速,沼肥资源日益丰富。沼肥包括沼液和沼渣,是人畜粪便、农作物秸秆等各种有机物经厌氧发酵后的固、液残余物<sup>[8]</sup>。有机物质在厌氧发酵过程中,除了碳、氢、氧等元素经微生物分解活动生成甲烷和二氧化碳等气体外,其余各种养分基本都保留在发酵残余物中。其中,沼液中溶解了大量的小分子水溶性物质,这些物质中除含蔬菜生长所需的营养元素外,还有维生素、蛋白质、赤霉素、各种氨基酸等对蔬菜生长发育起调节作用的活性物质;而沼渣中则吸附了大量的可溶性有效养分,包括氮、磷、

钾等大量元素和铜、锰、锌、钼、铁、钙、镁等微量元素以及腐殖酸、有机酸、纤维素、半纤维素、木质素等营养成分<sup>[9]</sup>。当前虽然对沼渣、沼液的研究报道很多,但是集中对比沼渣、沼液对蔬菜产量、品质及其氮素利用等方面的研究还很少。因此,鉴于沼渣、沼液可作为有机肥进行再利用,特进行此项试验,目的在于通过沼渣、沼液与无机肥的肥效对比,进一步明确沼渣、沼液对作物产量及品质的效应,为合理利用沼肥提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在北京市农林科学院日光温室内进行,供试材料为油菜,品种为京绿2号,由北京市农林科学院蔬菜所提供。试验用土取自北京市通州区永乐店镇草厂果园,土壤为潮土,其肥力为中等,基本理化性状见表1。试验每盆装土5.5 kg,肥料与土充分混匀后装盆。有机肥为完全腐熟的沼渣、分离完全的沼液,有机肥的养分浓度如表2。

### 1.2 试验设计

该试验共设5个处理,每个处理重复4次。除不施氮处理(CK)外,无机肥处理(CF)、沼液处理(BS)、沼渣处理(BR)、沼渣+沼液配施处理(BR+BS)均施等氮量的肥料。由于沼渣、沼液中本身磷、钾含量不一致,因此为满足磷、钾养分对油菜的充分供应,各处理磷、钾养分均施用过磷过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:12%)、硫酸钾(K<sub>2</sub>O:50%)。每盆施N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O养分总量为0.91 g N/5.5kg土、0.37 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/5.5kg土、0.49 g K<sub>2</sub>O/5.5 kg土。

**第一作者简介:** 张杰(1982),男,山东日照人,在读硕士,研究方向为有机废弃物在农业中的循环利用。E-mail: jiez1982@hotmail.com.

**通讯作者:** 刘春生(1955),男,教授,博士生导师,现主要从事土壤环境与植物营养方面的研究工作。E-mail: csliu@sdau.edu.cn.

**基金项目:** 国家科技支撑资助项目(2007BA D89B07); 国家科技支撑资助项目(2007BAD87B02); 北京市重大科技资助项目(D070600 4040431)。

**收稿日期:** 2009-08-10

表 1 供试土壤的基本理化性状

Table 1 Chemical properties of the tested soil

有机质 OM /g · kg <sup>-1</sup>	全氮 Total N /g · kg <sup>-1</sup>	铵态氮 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N /mg · kg <sup>-1</sup>	硝态氮 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N /mg · kg <sup>-1</sup>	速效磷 Olsen-P /mg · kg <sup>-1</sup>	速效钾 Available K /mg · kg <sup>-1</sup>	pH
12.89	0.82	2.01	18.94	322.4	93.35	8.74

表 2 供试肥料的养分含量

Table 2 Components of the tested fertilizer

供试肥料 Fertilizer	有机质 OM/%	全氮 Total N/%	全磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Total P/%	全钾(K <sub>2</sub> O) Total K/%	pH
沼渣	22.84	1.13	3.78	0.37	8.49
沼液	1.46	0.587	0.19	0.32	7.99

### 1.3 测定指标及方法

1.3.1 土壤样品 土壤全氮、有机质、pH 值均采用常规方法测定。土壤铵态氮、硝态氮采用 0.01 mol/L CaCl<sub>2</sub> 浸提, 采用流动分析仪 TRACCS-2000 测定。

1.3.2 植株样品 油菜全氮采用凯氏定氮法测定。油菜硝酸盐含量采用浓硫酸—水杨酸比色法测定。油菜 Vc 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定。

1.3.3 肥料样品 沼渣、沼液全氮含量用浓硫酸—催化剂消煮—凯氏定氮法测定。沼渣、沼液全磷含量用浓硫酸—催化剂消煮—钒钼黄比色法测定。沼渣、沼液全钾含量用浓硫酸—催化剂消煮—火焰光度法测定。

1.3.4 数据分析 试验数据处理及作图均采用 Excel, 采用 SAS 程序软件进行统计分析。试验相关计算公式如下: 氮肥利用率<sup>[10]</sup> = (施肥区作物吸氮量 - 空白区作物吸氮量) / 氮肥施用量 × 100; 氮素表观平衡 = 氮素输入 - 氮素输出。其中氮素输入 = 土壤起始 N<sub>min</sub> + 肥料投入氮量 + 土壤矿化氮量; 氮素输出 = 土壤残留氮量 + 作物带走氮量。

表 3 不同施肥处理下的油菜产量

Table 3 Rape's yields of different treatments

处理 Treatment	代号 Label	茎叶干重 Dry weight of leaf and stem /g · pot <sup>-1</sup>	根干重 Dry weight of root /g · pot <sup>-1</sup>	根冠比 Root and crown ratio
无机肥 Inorganic fertilizer	Chemical Fertilizer(CF)	13.70a	1.37a	0.10b
沼液 Biogas slurry	Biogas Slurry (BS)	13.41a	1.38a	0.10b
沼渣 Residue	Biogas Residue(BR)	11.38b	1.46a	0.13b
沼渣+沼液 Residue+ Biogas slurry	BR+BS	13.00a	1.32a	0.10b
不施肥 No fertilizer	CK	4.61c	1.00a	0.22a

注: 以上产量均为 4 次重复的平均值, 各列中数字后面不同字母表示在 0.05 水平差异显著, 以下表示方法同上。

Note: Were repeated four the average output, small letter expresses P<0.05 level; means with the different letters significantly different, they mean the same in the following tables.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对油菜产量的影响

由表 3 可以看出, 在施氮量一致, 磷、钾养分完全补

足的情况下, 不同的施肥处理对油菜的增产效果不同。在油菜干重上, 无机肥处理、沼液处理以及沼渣+沼液配施处理的油菜产量分别为 13.70、13.41、13.00 g/盆, 三者之间差异不显著, 但均显著高于沼渣处理, 其原因是沼液中的速效养分能够满足油菜生长期对养分的需求, 而沼渣主要以有机养分为主, 养分释放的缓慢, 在根干重上, 各处理差异不显著。同时, 除空白处理外, 各处理根冠比差异不显著。

### 2.2 不同施肥处理对油菜品质的影响

2.2.1 不同施肥处理对油菜硝酸盐含量的影响 由图 1 可知, 在相同的施氮量条件下, 不同施肥处理对油菜硝酸盐含量有明显的影响。施用无机肥的油菜硝酸盐含量为 1003.0 mg/kg, 显著高于其它各处理。沼渣处理以及沼渣+沼液配施处理的油菜硝酸盐含量仅为 261.8 mg/kg 和 287.4 mg/kg, 两者差异不显著, 但是均显著低于沼液处理。其原因可能是由于沼液中含有的速效养分较多, 和无机肥类似, 养分易于被油菜吸收、累积, 而沼渣中以有机养分为主, 不容易在作物体内迅速积累, 并且含有多种微量元素和生物活性物质, 因此施用沼渣可以降低油菜体内硝酸盐含量。

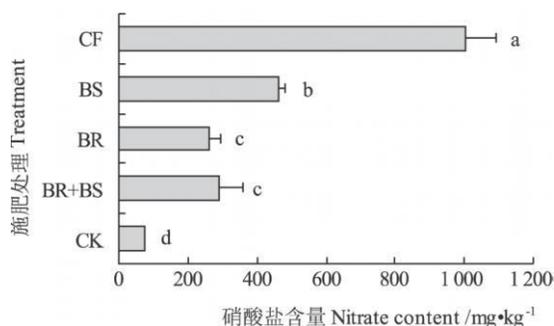


图 1 不同施肥处理下的油菜硝酸盐含量

Fig. 1 Rape's nitrate content of different treatments

2.2.2 不同施肥处理对油菜 Vc 含量的影响 蔬菜中 Vc 含量是表征蔬菜品质的重要指标。图 2 显示, 各处理以不施肥处理的 Vc 含量最高, 显著高于其它各处理。与无机肥处理以及沼液处理相比, 沼渣以及沼渣+沼液配施处理的油菜 Vc 含量分别为 5.93 mg/100g 样品、5.19 mg/100g 样品, 显著地高于沼液处理和无机肥处理。因此, 在施氮量一致的情况下, 油菜对沼液以及无机肥中养分的快速吸收、累积会降低其 Vc, 而沼渣处理能够明显的提高油菜的 Vc 含量, 改善蔬菜品质。

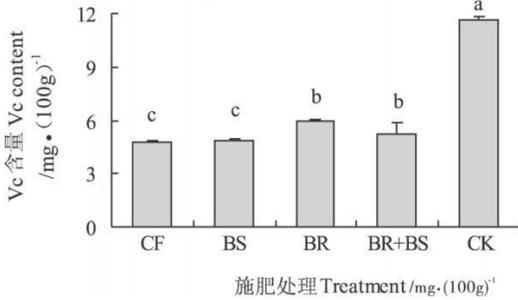


图2 不同施肥处理下的油菜 Vc 含量

Fig.2 Rape's Vc content of different treatments

### 2.3 不同施肥处理对油菜吸氮量影响

图3中无机肥处理与沼液处理的油菜吸氮量分别为0.55、0.53 g/盆,两者之间差异不显著,但要显著高于其它各处理。同时沼渣+沼液配施处理的油菜吸氮量也显著高于沼渣处理。其原因是在等氮量的情况下,沼液以及无机肥均能够快速提供油菜足够的速效养分,有效地促进了油菜的生长发育以及氮素养分在体内的累积。同时沼渣中的有机养分缓慢释放,不能够有效地满足油菜对氮素养分的需求。

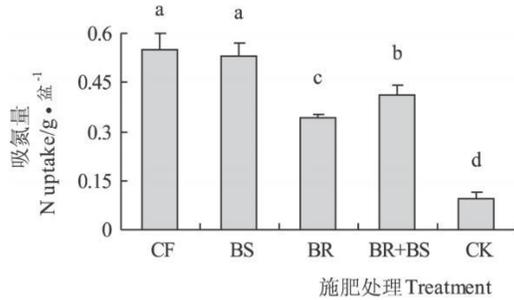


图3 不同施肥处理下的油菜吸氮量

Fig.3 Rape's nitrogen uptake of different treatments

表4 不同施肥处理下油菜—土壤体系氮素表观平衡

Table 4 Nitrogen balance of rape-soil system of different treatments

施肥处理 Treatment	氮素输入 N input/ g · 盆 <sup>-1</sup>			氮素输出 N output/ g · 盆 <sup>-1</sup>		氮素表观平衡 N balance/ g · 盆 <sup>-1</sup>
	起始土壤 N <sub>min</sub>	肥料投入氮素	土壤矿化氮量	土壤残留 N <sub>min</sub>	作物带走氮素	
CF	0.12	0.91	0.03	0.044	0.58	0.37c
BS	0.12	0.91	0.03	0.050	0.56	0.39c
BR+BS	0.12	0.91	0.03	0.057	0.44	0.50b
BR	0.12	0.91	0.03	0.052	0.37	0.57a
CK	0.12	0	0.03	0.04	0.11	-0.03d

### 3 结论与讨论

由沼渣、沼液在油菜上的盆栽试验可知,合理利用沼渣、沼液不仅可以提高作物产量,而且可以改善产品品质。

在施氮量相同的条件下,施用沼液可以起到与无机肥相似的效果。施用无机肥和施用沼液的油菜产量分

### 2.4 不同施肥处理对氮肥利用率的影响

由图4可知,沼液、无机肥的氮素利用率最高,分别达到49.6%、51.8%,两者差异不显著,但显著高于其它各处理。另外,沼渣+沼液配施处理也显著高于沼渣处理,分别为36.5%、29.1%。其主要原因是在油菜生长发育过程中,沼液中的速效养分以及无机肥均易于被油菜根系吸收,在油菜体内大量累积。同时,油菜的生长期仅为40 d,沼渣中有机养分含量较高,并且缓慢释放,难于被油菜根系迅速吸收,因此导致沼渣的氮素利用率较低。

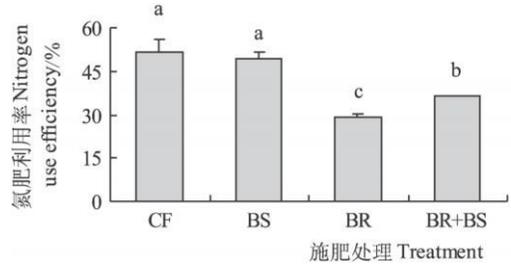


图4 不同施肥处理下的氮肥利用率

Fig.4 Nitrogen use efficiency of different treatments

### 2.5 不同施肥处理对表观氮素的影响

由表4可以看出,沼渣氮素表观损失为0.57 g/盆,显著高于其它各处理。这是因为沼渣主要以有机养分为主,速效养分含量较少,有机养分在土壤中的转化速率较慢,导致作物的吸氮量较少,大部分的有机养分还残留在土壤中。沼液氮素表观平衡分别为0.39 g/盆与无机肥相比差异不显著,这是因为沼液中可能速效养分高,作物氮累积量高,同时残留在土壤中的无机氮较低,导致氮素表观平衡较低。不施肥处理由于没有施肥,作物吸收的氮素以及土壤矿化产生的氮素高于土壤起始的N<sub>min</sub>,导致土壤表观氮素损失为负值。

别达到13.7、13.4 g/盆,二者差异不显著,并且与沼渣+沼液处理差异也不显著,但均显著高于沼渣处理。

沼渣处理、沼渣+沼液配施处理以及沼液处理的油菜硝酸盐含量仅为261.8、287.4、424.3 mg/kg,三者均显著低于无机肥处理的1003.0 mg/kg。施用沼渣处理的油菜Vc含量为5.93 mg/100g油菜,为无机肥处理的

1.2 倍, 并达到极显著水平。因此, 施用沼渣以及沼液能显著地降低油菜中硝酸盐的含量, 提高蔬菜中 V<sub>C</sub> 的含量, 提高油菜的品质。

在油菜生长期内, 施用沼液以及无机肥的氮素利用率分别为 49.6%、51.8%, 两者差异不显著, 但均显著高于沼渣处理, 沼渣+沼液配施处理则介于之间。

同时, 该试验还计算了沼渣在油菜当季的矿化百分数为 38.25%, 由此得出, 在油菜整个生长期内, 沼渣中绝大部分有机养分还残留在土壤中, 这可能会对下茬作物产生很强的后效作用。同时沼渣中 N、P(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、K(K<sub>2</sub>O) 3 种元素的养分含量关系为: P(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) >> N > K(K<sub>2</sub>O)。因此, 在农业生产中, 不合理的施用沼渣、沼液可能会造成土壤养分的失衡与较大损失。因此沼渣、沼液合适施用量以及对下茬作物所产生的影响, 同时沼渣、沼液中 N、P、K 等养分的平衡调控都值得继续进行研究。

#### 参考文献

[1] 张乃明. 施肥对蔬菜中硝酸盐累积量的影响[J]. 土壤肥料, 2001(2): 37-38.

- [2] 王朝晖, 李生秀, 田霄鸿. 不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 22-28.
- [3] 刘纯敏, 谢文绍, 毕建国, 等. 蔬菜应用硝酸钾的增产效果及经济效益[J]. 河南农业科学, 1997(2): 20-21.
- [4] 周艺敏, 张金盛. 有机肥与无机肥配合施用对蔬菜作物 N 肥流向的影响[J]. 生态农业研究, 1998, 6(4): 33-36.
- [5] Clark M S, Horwath W R. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices[J]. Agronomy Journal, 1998, 90(5): 662-671.
- [6] Carpenter-Boggs L, Kennedy A C. Regano: organic and biodynamic management effects on soil biology Soil Science[J]. Society of America Journal, 2000, 64(5): 1651-1659.
- [7] Boha N S, Adriano D C. Effects of organic amendments on the reduction and Phyto-availability of chromate in mineral soil[J]. Journal of Environmental Quality, 2003, 32(1): 120-128.
- [8] 郝鲜俊, 洪坚平, 高文俊. 沼液沼渣对温室迷你黄瓜品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2007(5): 40-43.
- [9] 张冬梅. 沼肥在蔬菜上的应用[J]. 现代农业, 2008(5): 18-19.
- [10] 江丽华, 刘兆辉, 张文君, 等. 氮素对大葱产量影响和氮素供应目标值的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 890-896.

(注: 该文作者还有刘本生, 单位同第二作者。)

## Effect of Biogas Residue and Biogas Slurry Fertilization on the Yield, Quality and Nitrogen Use Efficiency of the Rape

ZHANG Jie<sup>1</sup>, SUN Qin-ping<sup>2</sup>, WEI Zong-qiang<sup>1</sup>, LI Ji-jin<sup>2</sup>, ZOU Gour-yuan<sup>2</sup>, LIU Chun-sheng<sup>1</sup>, LIU Ben-sheng<sup>2</sup>

(1. Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018, China; 2. Institute of Plant Nutrition and Resources, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

**Abstract:** A Pot experiment was conducted to study the effects of biogas residue and biogas slurry on rape's yields, quality and nitrogen use efficiency. The results showed: The yields of rape which was used biogas slurry and chemical fertilizer singly were 13.41 g/pot and 13.70 g/pot. However there was no yield significant difference between biogas slurry treatment and chemical fertilizer treatment. They were all significantly higher than that of biogas residue treatment. And the results also indicated that the rape's nitrate content was significantly different because of different treatments. The nitrate content of biogas residue, compound of biogas residue and biogas slurry, biogas slurry and chemical fertilizer treatment were 216.8, 287.4, 464.3 and 1 003.0 mg/kg respectively. Meanwhile, the rape's V<sub>C</sub> content of biogas residue treatment and compound of biogas residue and biogas slurry treatment was 5.3 mg/100g rape, 5.19 mg/100g rape, they were significantly higher than that of chemical fertilizer treatment and biogas slurry treatment. There were no significant difference on the N use efficiency (NUE) between biogas slurry treatment and Chemical fertilizer treatment, which reached 49.6% and 51.8% respectively. But those two treatments NUE were higher than others significantly.

**Key words:** Biogas residue; Biogas slurry; Rape; Nitrogen use efficiency