

沼 气 和 沼 气 肥

中国科学院南京地质古生物研究所 沼气组
南京土壤研究所

无产阶级文化大革命以来,特别是在批林批孔运动的推动下,全国许多地区,在农村推广人工制取沼气,取得了很大的成绩。广大群众坚持自力更生,因地制宜地试办和推广沼气的人工制取和利用。

在农村一个5—6口人的家庭,建立一个8—10立方米的沼气池,每天用气约一立方米,就能基本满足生活需要,可正常用气达8—10个月之久。如果管理恰当,越冬的保温工作做得好,可以全年正常用气,每年能节约烧草三千至四千斤。

人工制取沼气,是利用作物稿秆、青草和人畜粪等各种有机物质,在密封的沼气池内进行嫌气发酵,其所产生的沼气,可作为燃料使用。一般认为在沼气发酵过程中,有两类细菌参加作用。第一类是将复杂的有机物分解为简单的有机酸、醇、醇类等物质的多种细菌,包括纤维分解菌;第二类是将简单的有机酸和醇进一步转化成甲烷的甲烷菌^[1]。沼气是一种可燃性气体,其主要成分是甲烷(CH_4),约占50—70%,其次是二氧化碳,还有少量的氧、氢、一氧化碳和硫化氢等气体。甲烷本身是一种无色、无嗅的气体,但由于沼气的中含有硫化氢,所以沼气常带蒜臭味。每立方米沼气可产生5000—6000卡热量,它可使约100斤水从摄氏20度煮沸。当沼气池加料后,经过一段时间的发酵,要进行一次换料,换出的残渣和肥水(即沼气肥),可作肥料施用。

1972年,江苏省农村开始推广人工制取沼气,我们在江苏省科技局的领导下,对沼气发酵的产气条件和沼气肥的肥效做了一些调查研究,现作一简介。

一、沼气发酵的产气条件

沼气发酵是在密封的沼气池内进行的。沼气池的结构类型很多,主要由发酵间、储气间和水压间等三大部分构成。三者的容积应有恰当的比例,一般为1:0.25:0.1。沼气发酵需要合宜的配料、适当的温度和酸碱度环境,以使微生物大量繁殖,加快发酵物质的分解和甲烷形成的速度。

实践表明,可供沼气发酵的原料是非常丰富的。在农村能就地取材的许多种发酵原料,从产气的特点来看,大致上可分为两大类。作物稿秆和牲畜粪是一类产气比较缓和、持续时间比较长久的发酵原料;另一类则产气猛烈而持续时间较短,诸如青草、绿肥等鲜嫩物质。如果比较各种原料在发酵各个时期中的沼气产量,其明显的趋势是:作物稿秆

土壤肥力问题是一个复杂的问题。从形态学角度来分析鱗血蚕沙土的肥力状况只是研究其肥力特征的一个侧面。鱗血蚕沙土是农民群众精心培育的肥沃土壤,在群众中蕴藏着识辨鱗血蚕沙土肥力的丰富经验,学习与总结这些经验无疑将大大推动土壤肥力的研究工作,为改土培肥提供科学依据。

和牲畜粪,前期的产气量虽然比后期大,但总的说是比较均匀的;而青草、绿肥等物质的产气量,绝大部分集中在前期,整个产气时期明显地提前结束。这种差异,主要是各种物质本身在植物组成成分上的不同所引起的。作物稿秆的纤维素含量较高,水溶性物质的含量较低,而纤维素类物质又较耐分解^[2],所以作物稿秆在沼气发酵过程中,主要依靠纤维素为碳源,逐渐地将其转化成沼气,而表现出其产气时期比较持久的特点;由于其中含有少量的水溶性物质首先遭到分解,才使得作物稿秆在沼气发酵前期的产气量较后期为多。而青草一类原料,其水溶性物质及半纤维等的总含量远较作物稿秆的为高,而纤维素的含量却低得多,当发酵初期易分解的物质大量分解时,产气量急骤上升,后期因可分解物质的消失,致使产气中断。合理混合配料的优越性,就是根据上述两类发酵原料各自的产气特点,克服单一配料的缺点,使配料在发酵的各个时期中,既有较高的产气量,而又分配得比较均匀,使沼气池在投料后的较长时期内,能持续不断地提供所需要的沼气。混合配料产气较好的原因还在于,在一定程度上调节发酵原料的碳氮比率。在各类发酵原料中,作物稿秆的碳氮比很大,在46—76之间;青草类鲜嫩物质的碳氮比窄;牲畜粪的则居中(表1)。作为微生物能源物质的碳氮比,通常认为以25—30范围为宜,所以一般的原料,需要通过混合配料加以适当调节,以促进微生物的分解作用。此外,在小型沼气的产气试验中曾观察到,采用无机氮调节发酵原料的碳氮比,对沼气的质量有明显的影响。随着发酵物质的碳氮比变窄,沼气中二氧化碳的含量有所减少,甲烷的成分相应地有所增加。

表1 发酵原料的碳氮比率

发 酵 原 料	全 碳 (%)	全 氮 (%)	碳 氮 比 率
作 物 稿 秆	41—47	0.59—0.90	46—76
牲 畜 类	30—41	0.90—2.3	13—45
青 草 类 鲜 嫩 物 质	21—43	1.7—4.1	11—21

关于沼气发酵的混合配料比例,群众在实践中已经积累了一些经验。一般认为以人畜粪与作物稿秆以及其它一些有机物质进行混合配料为宜。有些单位也曾对发酵物质的配料比例进行过试验研究,认为以稻草猪粪配料比为1:4(干重计)发酵最好;配料比为1:3和人畜粪混合配料的其次;单独牛粪或人粪的发酵不好。

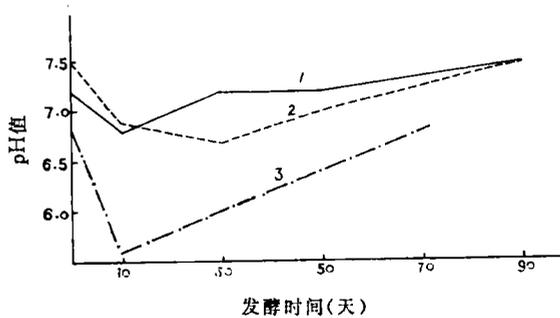
在一般情况下,沼气池加入混合配料后3—5天内开始发酵,5—10天后发酵旺盛;产气时期持续至45—60天,此后逐渐减少。在加有稻草的处理中,发酵旺盛期可延长至75—80天。配料中含有纤维素较多的材料,沼气产量也较高。各个配料处理中,甲烷占沼气总量的50—60%;稻草加杂草的处理,产生比较大量的二氧化碳;人粪发酵的气体中,硫化氢含量高。由此可见,配料的不同,对沼气的产量和质量均产生影响。当前在混合配料中,宜以富含纤维素的发酵原料为主,一般首次投料时,可加适量人畜粪,其余加稻草、青草等其它原料。

必须指出的是,发酵物质的产气量和产气特点,深受环境条件变化的影响,尤其是沼气的池温和发酵液的酸碱度影响更甚。一般认为,沼气发酵能在0°—75°C内进行,农村常用的沼气池一般最适宜的温度为30°—35°C。南京地区沼气池内一米深处的温度维持在30°C左右的时间比较短,池温在20°—25°C范围可长达5—6个月。发酵温度在20°—30°C间,沼气产量均较高。例如,采用牲畜粪配料,在夏季池温高于20°C时投料,下料

后2—3天即可产生沼气,经3—5天后,能正常用气;而在春季投料,池温为12°C时,经过11天当池温上升到18°C时,才开始产气,20天后正常用气。在冬季或早春季节,池温仅9°—12°C,沼气产量明显下降,此时若池内发酵原料配料适当,冬前投料充足,或有适宜的保温措施,都会增加沼气的产量。

发酵液的酸碱度,以接近中性(pH6.5—7.5)为宜。酸碱度过高或过低,将严重影响甲烷菌的活动。据观察,发酵液的pH值低于6时,对沼气产量影响较大;而当pH值降至5.5以下,沼气产量大幅度降低,甚至基本上不产气。有些沼气池投料后,迟迟不产气或产气甚少,除沼气池本身有问题外,多半是由于池内发酵液变酸所造成的。这种现象在早春低温时期投料容易产生,尤其是在配料中青草类鲜嫩物质过多的情况下,发酵初期分解较多的中间产物有机酸类物质,又由于低温时期甲烷菌活动受阻,促使有机酸类物质更多地积累下来,结果发酵液的pH值明显降低,发酵过程不能正常进行。一般以人畜粪或人畜粪混以作物稿秆为配料的沼气池,在发酵后90天内,发酵液的pH值均在6.7—7.5之间;青草加少量石灰处理的pH值仍然较低(见图)。可见,随着配料中青草类鲜嫩物质用量的加大,发酵液的pH值将有所降低。

因此,要选择合理的配料方案,需要进一步通过实践,不断地摸索当地发酵原料的性质和产气特点,了解发酵环境条件对沼气产量和质量的影响程度,从而使目前推广的配料方案逐步地得到改进。在农村,沼气发酵原料的来源是非常广阔的。通过养猪积粪,开辟



发酵原料: 1. 人畜粪, 2. 人畜粪+稻草, 3. 青草+石灰。

沼气池发酵液的pH变化图

水面养殖水生绿肥等途径,为沼气池提供充足的发酵原料,保证已经建成的沼气池能够长期地巩固下来。这个问题对于基本上实现沼气的社、队尤为迫切。在沼气池投料后和日常管理中,特别是在添加较多鲜嫩物质(青草、绿肥和水生绿肥等)的情况下,要经常注意发酵液酸碱度的变化,一旦发酵液变酸,可用石灰或草木灰中和,当然最好能针对发酵原料的性质,提前防止变酸,以免推迟产气时间。

二、沼气发酵过程中碳、氮物质的变化

有机物质经过沼气发酵,除一部分转化为沼气(甲烷)外,还有相当一部分残渣剩留下来。据测定,单一的或混合的发酵原料,经过沼气发酵后,残渣部分的有机碳占原料总碳量的24—54%;发酵液部分的有机碳约占1—8%。原料中有机碳的消失量为40—68%,其中以鲜嫩的发酵物质(青草和水花生)消失量最大;牲畜粪和作物稿秆的消失量较低。但牲

畜粪和作物稿秆混以青草或紫云英的处理,有机碳的消失量又有明显的上升(表2)。这种差异,在很大程度上反映出了发酵物质本身性质的不同,因而耐分解的程度也各异。据观察,以稻草、紫云英和猪粪为发酵原料,在沼气发酵与沤肥发酵的条件下,有机碳的消失量相近似;但同一配料在好气发酵条件下,有机碳的消失量要高达80%。看来沼气发酵除利用有机碳源中有相当一部分转化成可作燃料的沼气外,其残留部分的有机碳量,并不一定低于其他发酵条件下的残留量。

一般说,混合的配料经过4—12个月的正常产气后,发酵残渣的干物质量约为原重量

表2 沼气发酵过程中有机碳的消失量和残留量

发 酵 原 料	有 机 碳 消 失 量 (%)	发 酵 后 有 机 碳 量 占 原 始 总 碳 量 (%)	
		发 酵 液	发 酵 残 渣
麦秆+青草+猪粪	60.6	0.9	38.5
稻草+紫云英+猪粪	61.0	6.9	32.1
麦秆+人粪	48.7	2.0	49.3
稻草+人粪	40.4	7.7	51.9
猪 粪	44.5	1.0	54.5
牛 粪	48.3	0.8	50.9
青 草	64.2	1.8	34.0
水花生	68.0	8.1	23.9

的45—65%。当然如果配料中青草、紫云英和水花生等物质的比例较大,其干物质的残留量还要低些。

发酵物质在产生沼气过程中,由于配料的不同,氮素的损失情况也很不一样。根据21个试验处理的测定结果,含氮量较高的单一配料,如青草类物质和牲畜粪,氮素的损失量分别为27%和23%;含氮量较低的作物稿秆,氮素的损失量为21%。如果以氮素损失的绝对量计算,同重量的发酵原料(以干重计),含氮量低的物质,其氮素损失的绝对量较之含氮量高的显然还要低得多。值得注意的是,含有作物稿秆的混合配料,氮素的损失量平均为18%,此值低于上述三种配料的损失量。当然,实际上通常采用的配料更要复杂些,而且发酵条件的变化以及沼气产量不尽一致等等,这些都影响着发酵物质中含氮部分的分解和损失程度。经过沼气发酵后残留的这部分氮素,除牲畜粪配料的仅有少量进入到发酵液外,其他配料处理均有很大部分的氮素进入发酵液成为水溶性的部分(表3)。而且残留部分的氮素中,其速效氮的含量,除个别外,都是很高的,尤其是发酵液的部分,速效氮量占其中全氮量的67—92%(表4)。可以认为,这部分氮素养分将在肥效中起主要作用。

表3 沼气发酵过程中各部分氮素分配的百分比

发 酵 原 料	发 酵 过 程 中 氮 素 损 失 量 (%)	发 酵 后 的 氮 含 量 占 原 始 总 氮 量 (%)	
		发 酵 液	发 酵 残 渣
作物稿秆	21	33	46
牲畜粪	23	4	73
青草类物质	27	42	31
含有作物稿秆的混合配料	18	34	48

表4 发酵残留物的速效氮含量

发酵原料	发酵液			发酵残渣		
	速效氮 (%)	全氮 (%)	速效氮/全氮 (%)	速效氮 (%)	全氮 (%)	速效氮/全氮 (%)
麦秆+青草+猪粪	0.034	0.041	82.9	0.20	1.04	19.2
稻草+人粪	0.074	0.090	82.2	0.43	1.30	33.1
麦秆+人粪	0.065	0.076	85.5	0.39	0.75	52.0
猪粪	0.024	0.036	66.7	0.087	0.73	1.2
青草	0.11	0.12	91.7	0.90	1.22	73.8

表5 发酵原料和发酵残留物的碳氮比率

配料	发酵原料 C/N	发酵残渣 C/N
麦秆+青草+猪粪	39.1	22.3
麦秆+人粪	25.0	22.6
稻草+人粪	24.5	23.4
猪粪	45.3	35.6
牛粪	37.4	24.3
青草	21.3	19.9

四川的群众形容得好“沼气水看看象清水,用起来当氨水”。总的说,在沼气发酵过程中,有机碳部分较含氮部分的损失量要大得多,因而发酵残留物的碳氮比明显地缩小了(表5)。这和一般有机肥料在沤制过程所发生的变化相一致,其结果有利于残渣部分氮素养分的释放。

三、沼气的肥效

有机肥料的养分释放特点是长期持续地供应作物所需要的氮、磷、钾等多种养分,其中主要是氮素养分的供应。目前,一般以人畜粪、作物稿秆和部分青草为配料的沼气肥,其残渣部分的全氮量,以鲜重计约0.2%,以干重计在0.5—1.2%间,其碳氮比为12.6—23.5。肥水部分的全氮量在0.007—0.06%间(表6)。与常用的一般农家肥料比较,沼气的全氮量较高,碳氮比也较适宜。

表6 沼气的氮素含量及碳氮比

采样地点	残渣部分 (以干重计)		肥水部分全氮 (%)
	全氮 (%)	C/N	
江苏六合	0.50—1.22	12.6—23.5	0.021—0.062
武进	0.54—0.77	18.1—18.6	0.0071—0.0074
吴县	0.66	18.4	0.015

在推广人工制取沼气的地方,沼气的数量正在增多。据江苏省六合县1973—74年的调查材料,使用沼气半年,每户平均积造沼气肥125担,和往年同期未用沼气时比较,多积104担肥料。在已经初步实现沼气的生产队,半年内如有25个沼气池出料,可施用沼气肥近三千担。沼气肥施用于水稻等作物,都有不同程度的增产效果。

1973年在江苏六合丘陵地区肥力中等的马肝土(母质为下蜀黄土)上,进行了沼气肥(残渣部分)对中稻(南京11号)和小麦(矮秆红)的肥效试验。大田试验结果是,沼气肥、草塘泥和猪造肥在每亩施用总氮量约20斤作为基肥的条件下,沼气肥的肥效较高,亩产水稻749斤,较草塘泥和猪造肥的处理,分别增产7%和12%。在另一组试验中,亩施60担沼气肥的水稻产量比对照每亩增产稻谷108斤,即增产14%,与其它三个处理的产量相近。施用沼气肥的小区,水稻植株的高度或每穗粒数较对照区均有显著的增加,但秕谷率偏大(表7)。

表7 沼气肥小区肥效试验

处 理	基肥用量(亩)	水稻亩产(斤)	水稻株高(厘米)	每 穗 粒 数	千粒重(克)	秕谷率(%)
沼 气 肥	60担	868	77.9	58	21.1	22.2
人 粪 尿	40担	836	79.2	55	21.7	22.9
猪 造 肥	120担	838	69.0	42	21.6	18.3
碳 铵	45斤	885	69.1	46	22.6	18.0
对 照	—	760	60.3	37	21.8	14.3

注:1.每处理三个小区(对照仅一个小区)每小区0.1亩。小区产量平均误差10.5%。

2.各小区均施过磷酸钙三斤作底肥,追肥用尿素一斤。

3.沼气的原始配料为猪粪、人类和稻草,全N量0.73%(干重计)。

4.猪造肥为泥质垫圈的猪粪肥,全N量0.26%(干重计)。

5.人类尿的全N量为0.13%(鲜重计)。

沼气肥作小麦的基肥施用,同样有明显的增产效果。据大田试验结果,施用60担沼气肥,小麦亩产219斤,与施用同等数量的猪造肥或草塘泥的产量相接近,但略低于施用人粪尿的产量。在另一组小区试验中,亩施60担沼气肥的小麦产量比对照区增产30%。沼气肥与化肥混施的增产效果,相当于其各自施用效果的总和。施用沼气肥的小麦株高、每穗粒数和千粒重,均较对照区有显著的增加(表8)。目前,一般用于稻麦作物的基肥,可亩施沼气肥(残渣部分)40—60担,沼气水部分更宜作追肥施用。

表8 沼气肥小麦肥效试验

基 肥 用 量 (亩)	小 麦 产 量		小麦株高(厘米)	每 穗 粒 数	千 粒 重 (克)
	(斤/亩)	增产(%)			
沼气肥60担	231	30	66.1	20.2	29.9
沼气肥60担+氯铵25斤	330	85	79.3	23.5	29.7
氯铵25斤	283	61	69.0	20.1	27.4
未施(对照)	178	—	45.8	13.1	26.3

注:1.每处理三个小区,每小区0.1亩,小区产量平均误差12.8%。

2.沼气肥全氮量为0.84%(干重计)。

3.各小区施过磷酸钙三斤作底肥,追施氯铵0.5斤。

参 考 文 献

1. 华南农学院土化系, 华南农业科学, 3, 21, 1958.
2. 中国科学院土壤研究所肥料专题组等, 土壤学报, 3—4, 190—202, 1959.