

猪 粪

中国科学院北京地区有机肥料研究组

大力发展养猪业是党发展我国农业、增产粮食的重要指示。养猪的好处很多，猪的全身都是宝。猪肉是我国人民喜爱的肉食之一；猪皮、猪毛和猪骨头都是很好的工业原料；猪粪尿还是农家主要的优质肥料。自从1959年党中央和毛主席发出大力发展养猪的指示以后，中国科学院土壤及水土保持研究所与微生物研究所、北京植物生理研究室，在生物学部的领导下，协作开展猪粪的调查研究，并进行猪粪堆制和保藏的试验工作。兹将初步结果，综合彙报如后：

一、猪粪的优越性

猪是一个小型的有机肥料厂，能够迅速制造大量的肥料。根据我们在北京郊区的调查，一头猪只要8—10个月就可长成，可积4,000—5,000斤猪粪尿，如果注意垫圈，可积10,000—15,000斤好圈肥，可供1亩地之用。现将猪粪的好处简述如后：

1. 猪粪中的养分含量：从养分含量(表1)来说，猪粪的品质很好，一般养分含量都比牛马粪要高。在半纤维水解过程中，氮的释放也是猪粪最多，不仅比牛马粪多，也比羊粪多。猪粪中不仅养分含量高，而且碳氮比率比较小，硝酸盐容易形成，养分容易释放；牛马粪不仅含氮量少，而且碳氮比也较大，硝酸盐不易形成，养分不容易释放。此外，猪粪中氮、磷、钾的比例约为0.9:0.4:1，与禾谷类作物的营养要求相符，牛、马粪中的成分就显缺氮缺磷的现象。

表1 各种牲畜粪的养分组成(风干%)

粪 别	有 机 碳	氮	磷	钾	碳/氮	氮:磷:钾
猪 粪	34.32	2.12	0.98	2.45	16.2	0.9:0.4:1
羊 粪	28.87	2.34	—	—	12.3	—
马 粪	22.28	1.15	0.31	3.0	19.8	0.3:0.1:1
牛 粪	18.02	0.84	0.22	2.0	21.5	0.4:0.1:1

栽培试验也证明猪粪比马粪好，施用猪粪的小麦，分蘖数和幼苗干物重都比施马粪的显著增加；施用猪粪(每亩3,000斤)的水稻，比施用同量马粪的水稻多产20%。

2. 猪粪中腐殖质含量及其组成：京郊群众认为，猪粪性质柔和，劲大、劲长；马粪火性，劲小、劲短；羊粪性暴，后劲也不及猪粪。各种牲畜粪的性质有这些差异，是和它们的组成密切相关的(表2)。猪粪中脂蜡属物质最多，羊粪次之，马粪中再次之，牛粪中脂蜡属物质最少。腐殖酸的含

表2 各种牲畜粪的有机成分(占碳素%)

粪 别	脂 蜡 质	总腐殖酸	胡 敏 酸	富 非 酸	半纤维索	纤维索及木 质 素
猪 粪	11.42	25.98	10.22	15.75	5.32	57.3
羊 粪	11.35	24.79	7.54	17.25	3.85	61.6
牛 粪	6.05	23.80	9.05	14.74	9.94	60.2
马 粪	8.00	23.60	13.95	9.88	6.42	62.0

量也是按着上述順序而遞減,猪糞中腐殖酸含量最多,羊糞其次,牛、馬糞中含量較少。含營養物質較少的木質素和纖維素含量,則依上述順序而增加,牛、馬糞中含量最多,羊糞次之,猪糞中最少。由于各种牲畜糞的組成、積肥方式和分解方式的不同,在腐熟过程中腐殖質的累积也不一样,猪糞的腐殖率比馬糞高,猪糞中腐殖質的累积比馬糞多。在夏天高温情况下堆积一个月以上的堆肥,猪糞腐殖率为 0.76,而馬糞仅为 0.67(表 3),可見猪糞是腐殖質含量較高的一种肥料。

表 3 猪 糞 和 馬 糞 的 腐 殖 率

糞 別	有机碳(%)	总腐殖酸占碳素%	胡敏酸占碳素%
猪 糞	堆 积 前	5.38	40.7
	堆 积 45 天 后	4.36	46.1
	腐 殖 率	0.76	1.13
馬 糞	堆 积 前	20.3	42.9
	堆 积 45 天 后	13.4	43.4
	腐 殖 率	0.67	1.01

各种牲畜糞中腐殖酸、胡敏酸及富非酸的含量并不一致。但在腐熟过程中,一般是胡敏酸不断累积,而富非酸逐渐減少。根据我們初步研究結果,未腐熟的猪糞,腐殖酸中含 36.8%的胡敏酸,經過腐熟后胡敏酸增高,占腐殖酸的 57.5%。各种牲畜糞都含有較多的富非酸,有释放土壤中矿質养分的作用。

3. 猪糞中胡敏酸的性質: 胡敏酸中功能团的含量,可反映胡敏酸的阳离子交換能力和酸碱緩冲性能,所以又可以根据胡敏酸中功能团的含量来評断有机肥料中腐殖質的品質。据初步研究結果(表 4),猪糞和羊糞中胡敏酸的功能团含量較多,馬糞中胡敏酸的功能团含量較少。猪糞的胡敏

表 4 春小麥施用由猪糞提出的胡敏酸的增產效果(小麥產量:斤/亩)

处 理	亩 产	增 产 (%)
对照	405	100
拔节期施用	455	112
灌浆期施用	406	101
分蘖、拔节期都施用	501	123

酸含功能团最多,每百克胡敏酸含羧基 128 毫克当量,酚羟基 98 毫克当量,功能团总量約 226 毫克当量;羊糞中胡敏酸的功能团含量次之,每百克胡敏酸含羧基 114 毫克当量,酚羟基 97 毫克当量,功能团总量約 211 毫克当量;馬糞中胡敏酸含功能团較少,每百克胡敏酸含羧基 82 毫克当量,酚羟基为 79 毫克当量,功能团总量約 161 毫克当量。

胡敏酸有刺激植物生长的作用,生长在有胡敏酸的培养液中的植物,呼吸作用加強,植物吸收

表 5 由各种牲畜糞提出的胡敏酸对植物生长的刺激作用(单位:每百株麦苗干物重克数)

有机肥料胡敏酸类别	地 上 部	地 下 部	全 株	增 重(%)
猪糞提出的胡敏酸	3.50	2.40	5.90	166.7
羊糞提出的胡敏酸	3.25	2.36	5.60	157.4
牛糞提出的胡敏酸	2.80	2.16	5.05	142.0
馬糞提出的胡敏酸	2.52	2.05	4.57	128.5
对照	1.25	2.31	3.56	100.0

一价及多价阴阳离子 (NO_3^- 、 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-}) 的能力也提高,干物质的累积显著增加。1960 年北京大田試驗結果,施用由猪粪中提出的胡敏酸,小麦的有效分蘖比未施胡敏酸的对照田增加 10%;在分蘖期、拔节孕穗期和灌浆期追施由猪粪中提出的胡敏酸,可以分别增产 12—23% (表 4)。根据水培試驗中植物生长的情况及同位素 P^{32} 在植物中的运转情况,可以看出各种牲畜粪中提出的胡敏酸对植物生理效应亦各不相同,其中以猪粪提出的胡敏酸效应最强,羊粪次之,牛、馬粪所提出的胡敏酸的刺激作用最差(表 5)。

4. 猪粪的施用:猪粪的碳氮比率较小,分解较易,养分比较容易释放,可以作为基肥,也可以作追肥。一般來說,猪粪的劲长,适于生长期較长的玉米、小麦、棉花、黄瓜、茄果等旱作。在北京地区水稻田和洼地,地下水位较高,地温較低,猪粪不易分解,常显前期养分不足;后劲过大的情况,影响作物成熟期不一致。由于蔬菜生长期短,蔬菜地施用猪粪,也有上述情况。针对猪粪的特性,北京地区的农民一般把猪粪施在地温較高的土壤中,种植生长期較长的作物。砂土地深施猪粪,也能获得良好肥效。此外,羣众有“不用不捣,同时再捣,急用急捣”的经验,主要是利用捣翻措施促进猪粪的分解,提高养分的效率。北京大兴县在水稻分蘖期追施腐熟猪圈粪就能使水稻丰产。同时猪粪和馬粪混合施用,提前施用,也可以促进猪粪肥效的发挥。

猪粪也可以改良土壤,如北京大兴县 1960 年新开辟的稻田,土壤发生板结现象,插秧后稻秧苗根开始黑腐,逐渐枯萎死亡,但经过每亩追施猪圈粪 3,000 斤以后,表土有机质由 0.5% 增高至 1.3%,胡敏酸钙镁复合体由占碳素 15% 增至 22%;土壤容重显著降低,紧实度变小,土壤板结现象消除,土壤氧化还原电位由 300—400 毫伏增高至 400—500 毫伏;秧苗开始起死回生,分蘖茎节重新伸长,施肥层中水稻分蘖再度茁壮,产量从无收成提高到 467 斤/亩。同样情况下每亩施硫酸铵 30 斤和 50 斤的地块,并没有挽救上述稻苗萎缩的现象;但如化学肥料与有机肥料配合施用,每亩可产 583 斤。猪粪是一种优质的有机肥料,不仅能保证不断供给作物所需的养分,还能改良土壤的结构和水热条件,增加土壤蓄水肥能力,改善土壤物理化学和生物化学的性质,提高土壤肥力。我国农民羣众就有施用有机肥料,精耕细作,达到“土肥相融”,以提高土壤肥力的丰富经验。

二、猪粪的堆制和保蓄

目前我国养猪事业正在蓬勃发展,尤其是集体养猪事业发展更快,每个猪场经常可积贮很多肥料。但由于积肥和保肥的方法不同,影响肥料的肥效。京郊农民有“陈粪不如陈土”的农谚。春季干燥多风,肥料中养分易于挥发,而秋季多雨,养分又容易淋失。因此,在大力养猪、开辟肥源的同时,要注意猪粪的堆制和保蓄,开源节流是发挖肥料两个方面,都得同等重视。

1. 猪粪的保蓄方式:由于猪的饲养方式不同,猪粪的保蓄方式也有很大的差异。北方大多采用圈坑式积肥法,这几年来有些猪场也有采用平圈梗栏养猪,在圈外堆积肥料。一般看来,圈坑式积肥比较普遍,积肥的数量也比较多,但圈坑不宜过深,最好是浅坑,以便取运猪粪,同时对母猪的活动也较方便。梗栏则另有好处,养分渗漏少,肥料质量也高。但一般羣众养猪,都有填土垫圈的

表 6 猪粪掺土的保肥效果

处 理	处理时间	堆 积 前		堆 制 45 天		保 肥 率	
		氮(%)	碳/氮	氮(%)	碳/氮	氮素保肥 (%)	氮素损失 (%)
純 猪 粪		0.99	12.3	0.69	12.4	70	30
猪粪加馬粪		0.85	16.2	0.70	12.8	83	17
猪粪掺土 (1:2)		0.30	12.3	0.26	11.3	87	13

习惯,根据我們初步研究的結果(表 7), 填土垫圈不仅有保蓄养分的优点,而且能够促进有益微生物(固氮菌等)的活动。每克猪粪堆肥中仅有 2,000 个固氮菌,而垫土的猪圈粪中有 7,000 多个固氮菌,大出三倍以上。純猪粪堆肥中养分容易损失,在夏天时,堆积一个半月后,氮素可损失 30% 左右,保蓄养分仅 70%;而猪粪掺和土壤以后的土粪氮素损失很少,只有 13% 左右(表 6),保蓄氮素达 87% 左右。另外,猪粪中碳氮比小,如加入少量谷草、馬粪等碳氮比較寬的物质,也可減低氮的损失(表 6),京郊有利用谷草垫圈、馬粪回圈的經驗。

猪圈垫土的好处很多,不仅可以保蓄养分,还可迅速的使土壤变肥。猪圈中垫用土壤經過相当时候,經過猪的踩踏,可以变成土粪。土粪腐殖质中的胡敏酸与富非酸約各占一半,胡敏酸有改良土壤的作用,富非酸对土壤矿质部分的风化作用很大,有利于潜在养分的释放。根据我們初步研究結果,土粪中直径小于 10 微米的土粒所含的有机质比垫圈所用的土壤中多 1—3 倍(表 7)。

表 7 猪圈粪中直径小于 10 微米土粒中有机质的变化(碳素%)

样 品 名 称	垫圈用的土壤	垫圈后的土粪	有机质累积(%)
猪 圈 粪 (20 天)	1.63	3.23	100
猪 圈 粪 (60 天)	2.56	9.97	289

由此可见,勤扫圈,勤出粪,都是积肥保肥的重要措施。但是,垫土的数量要适当,垫土过多会影响肥料的质量,也增加农村的运输量;垫土过少,不能保蓄养分,同时圈内泥濘,影响圈内清洁。有些人认为积肥与卫生有矛盾,事实上如能經常垫圈,合理用土,是能很好地解决积肥与卫生的矛盾的。北京市郊区羣众认为垫圈的粪土比例最好是 3:7 或者 4:6,既足够保蓄养分,又能保持圈内清洁。

2. 猪粪中养分轉化与微生物活动的关系:猪粪中养分的释放和轉化与微生物的活动密切相关。根据我們初步研究結果(表 8),猪粪中細菌总数愈多,猪粪中水解性氮的含量愈高。猪粪堆

表 8 猪粪堆肥中微生物与水解性氮素的关系

采样位置及堆肥時間	水 解 性 氮 (毫克/百克)	細 菌 总 数 (10^{10} 个/克)	真 菌 数 (10^4 个/克)	放 綫 菌 数 (10^8 个/克)
中 层 21 天	30	0.26	19.4	6.8
中 层 36 天	37	365	2.49	8.3
中 层 56 天	55	863	1.93	7.9
中 层 78 天	43	3.27	1.77	88
表 层 78 天	29	—	4.4	418
底 层 78 天	—	—	6.6	2.11

制初期(21 天)真菌含量最多,堆制日久,真菌含量逐渐減少。猪粪堆制 56 天以前,放綫菌含量都不甚高,堆肥到 78 天,放綫菌突然增加,这时候水解性氮也突然降低。真菌和放綫菌的活动也可反映出有机氮素的释放和轉化情况,猪粪堆制 78 天后,肥料表层含真菌及放綫菌都較多,水解性氮較少;肥料中层真菌和放綫菌較少,水解性氮含量較多。这个分析結果是符合羣众經驗的,农民們常說粪肥变成黑色、表层微見白毛白斑时肥效最好;大量出現白色菌斑时,肥效就显著降低。根据我們的初步研究結果,这些白毛白斑主要是放綫菌和真菌(白色放綫菌、灰色放綫菌和毛霉、黑麴霉等),在水分減少时,可首先在表层出現,在刚发现白毛白斑菌絲时,猪粪堆肥不論是表层或中央,有效养分如水解性氮(主要是酰胺及氨基酸态氮素)和蛋白質氮的含量都是最高;而迟效性养分,如木質素氮的含量,則相对減少(表 9)。但是等到堆肥表层大量出現白色菌斑时,堆肥中不

論是表层或中层,有效养分都大量減少,水解性氮和蛋白質氮含量降低,而木質素氮的含量相对增高,使肥料品質降低。

表9 猪糞腐熟与微生物的关系

肥料	水解性氮 占氮素%	蛋白質 占氮素%	木質素氮 占氮素%	放線菌 (10^3 个/克)	真菌 (10^4 个/克)	羣众评价
猪糞(积存9天)	2.94	35.8	61.3	24.4	1.18	
腐熟猪糞(堆制58天中层),黑色	5.03	50.7	44.3	7.8	1.19	肥劲大
出現白毛菌絲(堆制58天表层)	6.90	69.5	23.6	84.0	6.56	肥劲大
过腐熟(堆制78天中层)	5.58	47.2	47.1	88.0	1.77	过劲
大量出現白色菌斑(堆78天表层),灰白色	3.56	32.8	63.6	417.5	4.40	没劲

有机肥料腐熟后期,水分不足,放線菌及真菌大量繁殖,肥料中出現白色菌絲菌斑,可用肉眼看出,剛出現白毛时有效养分最多,养分的形态对作物利用也最为有效,适时施用,肥效最大。如肥料中出現白斑而不能及时施用,养分容易損失,应設法控制这些微生物的活动。北京郊区羣众,常用浇水、压紧、抹泥等措施,造成嫌气条件,抑制这些微生物的活动,可減少肥料中养分的耗損。

3. 猪糞堆肥法:羣众有很多积肥經驗,但都是以小堆小規模积肥为主。人民公社成立后,生产关系改变,尤其是集体养猪事业的发展,要求大量和大規模积肥,用費要省,效率要高。为了研究适合北京地区保藏猪糞的方法,我們曾比較研究羣众已有的各种积肥方法,并与双桥农場合作进行堆肥試驗,計有坑式、地面式和地面复土三种方式。根据初步試驗結果,地面复土(复土厚10—15厘米)的猪糞堆肥法最好,在春天經過1个月左右的时间,就能腐熟好,变成褐黑色堆肥,肥料中的蛋白質氮和水解性氮含量都較高(表10)。地面不复土的堆肥方式,腐熟初期堆肥中水解性氮含量較多,但到后期水解性氮含量迅速減少,不是好的堆肥方式。坑式积肥在北方冬季是比較良好的积肥方法,但在我們的試驗中,由于猪糞中水分較多,坑式堆肥的温度显著地比地面式堆肥为低,腐熟78天内水解性氮的含量很少变化,說明猪糞不容易腐熟。另外,坑式堆肥法挖坑費工,出糞不便;地下水位較高的地方,养分容易流失。根据这些情况,我們认为,在北京地区的集体养猪場进行积肥,可采用掺土、复土的大型堆肥法。堆肥一般可采用堆寬3—4米,高1.5米左右,长度可随积肥量而延长。为了施肥方便起見,养猪积肥可在田头进行。这样既能使猪糞得到很好的腐熟,又可加強养分的保蓄,同时还便利积肥生产队集体作业。此外,这种大型堆肥法在20天左右,温度即能上升到50—60℃,在这样高温的情况下,猪的病原菌都将全部死亡,有利于肥料消毒。

表10 不同猪糞堆肥法的水解性氮含量的变化(毫克/百克土)

堆肥法	堆积天数	9	21	36	56	78
地面复土法		27	30	37	55	48
地面不复土法		38	45	65	—	29
坑式堆肥法		29	—	35	34	40

4. 猪糞腐熟过程中有机組成的变化:猪糞堆肥的目的,不仅是要防止养分的耗損,还要控制养分向有利方向轉化,提高养分的效率。猪糞在腐熟过程中,木質素、纖維素、脂蜡質和富非酸不断

地进行分解,胡敏酸和蛋白质则有不同量的累积(表 11)。但是不同的堆肥方法和不同时期,肥料中各种有机组成的含量也不一样。根据我们的分析结果,新鲜猪粪中含蛋白质氮及水解性氮和可溶性氮约为 40% 左右,木质素氮约占 60%。但是在腐熟过程中,猪粪中的水解性氮和蛋白质氮逐渐增加,可高至 50—60%,木质素氮则逐渐减少,可少至 40—50% (表 12)。然而由于积肥方法不好,积存时间过长,猪粪中的蛋白质氮和水解性氮(氨基酸及酰胺)很快的被微生物分解成氨态、硝态氮和游离态氮素,而遭到损失,木质素氮则相对累积,这种氮素均不易为微生物所分解,因而会引起肥料的肥效变差(见表 9)。

表 11 猪粪腐熟过程中有机质的变化(占碳素%)

堆 腐 期	脂 蜡 质	总腐殖酸	胡 敏 酸	富 非 酸	半 纤 维 素	纤 维 素 及 木 质 素
堆 腐 前	5.88	40.7	14.8	25.9	4.58	48.9
腐 熟 后	4.36	46.1	23.4	22.3	3.56	45.2

表 12 猪粪腐熟过程中氮素转化

肥料堆腐时间(天)	全 氮 (%)	水解性氮占氮素%	蛋白质氮占氮素%	木质素氮占氮素%
9	0.92	2.94	35.8	61.26
21	0.93	3.26	41.0	56.78
36	1.01	3.64	51.5	44.86
56	0.81	5.03	50.7	44.29
78	0.72	5.67	55.5	38.83

表 13 猪粪腐熟过程中胡敏酸功能团的含量(毫克当量/100 克)

堆制时间(天)	总功能团	羧 基	酚 羟 基
9	173	129	44
21	205	131	74
36	235	133	102
56	215	112	103

5. 猪粪堆制的适当时间: 研究猪粪最适当的堆制时间,也是发挥猪粪最大肥效的重要措施。由于我国养猪褥草用量不多,肥料中碳氮比率较小,堆积一个月左右的时间,肥料变成黑色,氮素的形态和效率很高,由于碳素继续被分解,全氮量有相对增高的趋势,同时蛋白质氮和水解性氮的含量也累积最快(表 12)。堆肥时间过长,蛋白质氮和水解性氮虽仍能相对增多,但全氮损失过大,很不合算,如不能及时施入土中,则应进行防止养分损失的措施。胡敏酸性质的研究结果,也发现猪粪堆积一个月左右,腐殖质胡敏酸品质最好,胡敏酸功能团中羧基及酚羟基的含量都有增高,尤其是酚羟基的累积最快(表 13),这对改良土壤结构、土肥相融最为有利。另外,根据色层分析结果,猪粪在腐熟过程中,胡敏酸中含有酚基的氨基酸累积。此外,从腐熟猪粪提出的胡敏酸,对植物的生理效应也显著增强,同位素 P^{32} 水培结果,生长在腐熟猪粪胡敏酸溶液中的麦苗,吸收 P^{32} 比长在鲜猪粪胡敏酸溶液的多。可见猪粪堆制时间适当并能及时施用,也是发挥猪粪肥效的措施之一。为了及时施用肥料,加速猪粪的分解和转化,京郊农民有“急用急搞”和多次翻动,快速利用的经验。