

中等农业学校試用教科书

土壤肥料学

下 册

辽宁省熊岳农业专科学校主編

农学类各专业用

农业出版社

中等农业学校試用教科书

土 壤 肥 料 学

下 冊

辽宁省熊岳农业专科学校主編

主 編 辽宁省熊岳农业专科学校
編著者 辽宁省熊岳农业专科学校 陈本厚 金 梁
浙江省嘉兴农学院 張益农
河南省信阳农业专科学校 何靜安
江苏省揚州农业学校 叶德盛

中等农业学校試用教科书
土 壤 肥 料 学
下 册
辽宁省熊岳农业专科学校主編

农 业 出 版 社 出 版
北 京 老 錢 局 一 号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第 106 号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海洪兴印刷厂印刷裝訂

統一书号 K16144 · 1199

1961 年 8 月北京制型

1961 年 9 月初版

1964 年 9 月上海第六次印刷

印数 62,001—77,000 册

开本 787×1092 毫米

三十二分之一

字数 121 千字

印张 五又八分之一

定价 (料四) 四角五分

目 录

第二篇 肥料学

第八章 有机肥料	1
第一节 养猪积肥和其他家畜粪尿	4
第二节 人粪尿	16
第三节 绿肥	25
第四节 堆肥、漚肥、熏肥	32
第五节 泥炭肥料	40
第六节 海肥	44
第七节 泥土肥	49
第八节 杂肥	52
第九章 无机肥料	61
第一节 氮肥	62
第二节 磷肥	77
第三节 钾肥	89
第四节 微量元素	95
第五节 复合肥料	99
第六节 其他无机肥料	102
第七节 土制化肥	106
第八节 肥料的贮藏粉碎与混合	112
第十章 生物肥料	117
第一节 生物肥料在农业生产上的意义和作用	117
第二节 生物肥料的使用	122

第十一章	施肥法	126
第一节	合理施肥的意义	126
第二节	合理施肥的原则	126
第三节	施肥的环节和方法	131
第四节	肥料用量的计算	135
第五节	主要作物的施肥特点	136
第十二章	土壤肥料试验研究	146
第一节	土壤肥料试验研究的任务和原则	146
第二节	土壤肥料试验研究的方法	148
第三节	同位素在土壤肥料研究中的应用	157

第二篇 肥料学

第八章 有机肥料

有机肥料的概念、种类和特性 有机肥料是指含有大量有机物质的肥料。这类肥料可以在广大农村利用各种动植物遗体、天然杂草和废弃物等为原料就地积造、就地使用，因此又常称为农家肥料或自给肥料。

我国施用有机肥料的历史悠久，种类繁多。普遍施用的主要种类有人粪尿，家畜粪尿和厩肥，绿肥、堆肥等。此外如草炭、泥土肥、海肥、各种杂肥等都是来源充足品质优良的有机肥料。

有机肥料的种类尽管多种多样，但就它们的来源和利用方面都有着共同的特性。最主要的有以下几点：

1. 有机肥料均来源于动植物遗体和各种废弃物，可以就地取材，就地积造，就地应用。

2. 有机肥料中除含有植物生长所需的氮、磷、钾三要素以外，尚有钙、镁、硫、铁等以及各种微量元素。此外，还富含刺激植物生长的某些特殊物质，如胡敏酸、维生素、生长素和抗生素等。因此，有机肥料是一种完全肥料。

3. 有机肥料中的植物营养元素多呈有机形态，必须经过微生物的转化才能被植物吸收利用，故又称有机肥料为迟效性肥料。

4. 有机肥料在微生物作用的分解过程中，能部分形成腐殖质，具有增强土壤缓冲性能，调节土壤反应、改善土壤结构、促进土壤

微生物活动，从而提高土壤肥力的作用。同时有机肥料的分解缓慢，后效期长，能不断供给作物以养料。

5. 有机肥料的体积大，水分含量高、养分浓度较低，大量施用时需要很多劳力。因此，党和政府提出把有机肥料加以精制，同时大搞田头积肥，以节省运输劳力，提高肥效。

有机肥料在农业生产中的意义 我国土壤由于长时期的封建统治，不合理的耕作，普遍缺少有机质。一般含量仅在1%左右。这是我国土壤肥力低落的重要原因之一。基于有机肥料的上述优点和我国土壤普遍缺乏有机物质的情况，解放后，党和政府非常重视有机肥料的施用，一再强调以农家肥料为主、商品肥料为辅的方针。因此，不论过去、目前和将来，有机肥料都是我国农业生产中最重要的肥源，尤其在当前大办农业、大办粮食、商品肥料尚不能满足农业生产迅速发展的要求的情况下，充分利用各地自然条件，广辟肥源，改善积肥保肥方法，提高肥料质量，扩大施肥面积，增加施肥数量，是迅速提高农作物单位面积产量的重要关键。即使我国化学肥料工业有了高度发展，生产了足量的化学肥料，有机肥料对于改良土壤、提高土壤肥力，进一步发展农业生产，仍有其特殊的作用。

有机肥料对提高土壤肥力的作用主要有以下几个方面：

1. 增加土壤中有效养分 有机肥料施入土中经微生物分解，一方面原来难被植物吸收的有机形态的养料变成了可给态养料，同时在分解过程中，常常产生大量的 CO_2 和各种有机酸与无机酸。 CO_2 可以直接供给植物根、叶的吸收，而有机酸和无机酸均能促进土壤中难溶性矿质养料的溶解，甚至有时还能促进某些矿物质（如钾长石等）的水解，从而增加土壤中的有效养料。

2. 改善土壤中的理化状态

(1) 改善土壤结构 根据中国科学院土壤及水土保持研究所

的試驗資料，土壤中施用有机肥料三个月后，測定土壤水稳性团聚体，大于0.25毫米的土粒均有增加的趋势。凡施用有机肥料的，均較未施用有机肥料的增加5—7%。

有机肥料所以能改变土壤的结构，主要是有机肥料的腐殖化結果，增加了土壤腐殖質的含量。腐殖質与土壤中的二价阳离子特别是鈣离子結合，就能有效地促进土壤水稳性团粒的形成。

(2) 調节土壤的紧实度，使土壤容重变小 根据同一地区的实验，深25厘米施用化肥及不施用的表层土壤的紧实度容重均在1.35左右，而施用有机肥料的土壤容重显著降低。每亩施用有机肥料500斤的容重降低0.05左右，施用10,000斤的，容重降低0.1左右。此外，有机肥料还可以使土壤的疏松時間延长。

(3) 增加土壤孔隙度，改善土壤通气状况 有机肥料的施用，改善了土壤的结构状况，調节了土壤的紧实度，使土壤团聚体增多，土壤发壤。因此土壤孔隙也随着增加，而且大小孔隙的比例也得到調节，大孔隙的增加显著地改善了土壤的通气性，調节了土壤水分与空气之間的矛盾，为农作物的生长和微生物活动創造了适宜的环境条件。

(4) 調节土壤耕性，改善土壤水分和空气状况 一般有机質的粘着力要比粘土物質的粘着力小得多。据試驗，腐殖質的粘着力比粘土的粘着力小11倍，因此，有机肥料的施用，对于調节土壤耕性的良好效果是肯定的。

有机肥料还能增强土壤的吸水性、透水性、蓄水性和保水作用。一般有机質均有吸水 and 保水的作用，特别是象腐殖質这一类的亲水胶体，保水能力更大。一般而論，腐殖質的保水力較等量粘土約大15—40倍。此外，土壤中的腐殖質与粘土粒結合而成的团粒，其中也能保持大量的毛細管水分。

有机肥料經微生物分解释放出大量的 CO_2 。这样就改善了土壤

空气的成分,提高了 CO_2 的浓度。

另外,有机肥料还有调节土壤温度状况的作用。

3. 改善土壤微生物状况 有机肥料的施用,一方面直接增加了土壤中有益微生物群;另一方面为土壤微生物活动创造了良好的环境条件,因而有效地改善了土壤微生物状况。这也是有机肥料对提高土壤肥力的重要作用。实践证明:在深耕和分层混合施肥的基础上,土壤中好气性微生物大量繁殖。根据中国科学院土壤肥料研究所的试验,土壤氮化细菌比原来的每克干土中191,300个增加了260%,好气性固氮菌增加了119%,好气性的纤维分解菌,增加了600%以上,而土壤中嫌气性的反硝化细菌却减少了71%。上述情况主要是由于丰富了土壤有机质和改善了土壤的通气状况所致。

土壤中好气性微生物的增加,促进了肥料的分解转化;同时,由于固氮细菌的增加和反硝化细菌的减少,扩大了土壤中氮素养料的积累和来源。

4. 有机肥料的施用,对于增强土壤的保肥能力,增加微量元素以及某些有利于植物生长的刺激物质如胡敏酸、维生素等亦有重要的作用。

由以上可知,有机肥料对提高土壤肥力的作用是巨大的,也是多方面的。它能改善土壤的生物理化性质,促进土壤熟化,稳定地提高土壤的肥力,并有增加植物营养生理效益的作用。

为了便于掌握各种有机肥料的成分、性质、积存方法和施用技术,现对各种有机肥料分别加以讨论如后。

第一节 养猪积肥和其他家畜粪尿

养猪积肥的重要意义

农业是国民经济的基础,要迅速地发展农业就必须相应的发

展畜牧业。因为农业和畜牧业之间是有相互支援、相互依存、相互促进的关系。农业生产为畜牧业发展提供了丰富的饲料条件，发达的畜牧业，能为农业的发展提供充足的动力和丰富的肥料来源，进一步促进农业生产的发展。因此要发展农业生产，大办农业、大办粮食，就必须同时大力发展畜牧业，特别是养猪事业。

党中央一贯重视养猪积肥的重要作用，早在“全国农业发展纲要”中就强调指出：“农业合作社要采取一切办法，尽可能由自己解决肥料的需要。应当特别注意养猪（有些地方养羊）。 ”

党和政府1959年10月24日在“关于今冬明春继续开展大规模兴修水利和积肥运动的指示”第五点中指出：“开展冬季积肥造肥运动，为越冬作物搞到充足的追肥，为明年春种作物准备足够的肥料。……农家肥料的主要来源是大量发展养猪在冬季进一步掀起养猪高潮。”养猪积肥的重要性，首先是决定于农牧业的依存关系；其次，因为猪繁殖快，积肥数量多，质量高，而且积攒方便；同时，养猪又能促进农村经济的全面发展，供应人民肉食和工业原料，不断增加社员收入，改善人民的生活水平。

一头猪就是一个小型有机肥料工厂。猪是一种杂食动物，食量大，排泄量也大。据统计，一头猪平均每天排泄粪尿18斤，其中，粪6斤，尿12斤。每年每头猪排泄粪尿6,500斤，再加上褥草、土等垫圈物质，一头猪一年可积攒优质圈肥10,000斤左右，约可增产小麦200—300斤。如以猪粪为基肥，再追施适量的化学肥料，增产的效果就更大。

群众常说：“猪是农家宝，种田少不了，有了猪肥料，亩亩产量高”。“六畜兴旺，五谷丰登。”又说：“猪多肥多，肥多粮多，粮多猪多”。这些生动的农谚充分反映了种植业和畜牧业的依存关系，总结了我国农民几千年来十分重视养猪积肥的生产经验，也深刻地说明了养猪、肥料、粮食三者的密切关系。

在党的正确领导和总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，在“公养私养并举，而以私养为主”方针的指导下，群众养猪积极性空前高涨，这将保证促进养猪事业迅速发展，从而提供大量的优质肥料，促进农业生产的迅速发展。

但是，我们必须明确，养猪积肥的意义虽如上述，但决不能认为其他家畜粪尿就不重要。应该肯定，一切家畜粪尿的积存，都是农业生产中最重要最宝贵的肥源，必须给予高度的重视。

各种家畜粪尿的成分和性质

家畜粪尿的成分和性质，因家畜种类、年龄、饲料、饲养管理条件等的差异而有所不同，但也有其共同的地方。

1. 各种家畜粪尿的共同性 粪多半是饲料未消化的部分，其主要成分为蛋白质、脂肪、糖类、有机酸、胆汁、酶、各种盐类和消化液，此外就是大量的有机质和混在粪中的微生物。粪中含有的肥料成分，以有机质和氮为主，磷、钾较少。粪里的氮素，大部分呈蛋白质形态，难于被植物直接吸收利用，需经过较长时间的腐熟才能转化成有效态养料，故一般家畜粪都是迟效性肥料，施到地里有很大后劲。

尿是饲料经消化吸收后，在血液循环新陈代谢中产生的废物，其成分为尿素，尿酸，马尿酸等含氮物质及无机盐类。尿里一般不含细菌。此外就是大量的水分，其肥料成分氮、钾多，有机质和磷较少。尿中的含氮物质，只须经过短时期的贮存腐熟，即可转化成氨态氮，故肥效迅速，但是各种家畜尿中的含氮物质，除马尿中含有较多容易转化的尿素，和猪尿中含有大量其他形态的氮，容易分解外，其余多为较难分解的尿酸和马尿酸形态。详细情况如下表：

表36 全氮量中各种形态氮的比较

形 态	猪 尿 (%)	马 尿 (%)	羊 尿 (%)	牛 尿 (%)
尿 素 态 氮	26.60	74.47	59.39	29.77
马 尿 酸 态 氮	9.60	3.02	38.70	22.46
尿 酸 态 氮	3.20	0.65	4.20	1.02
肌 酐 态 氮	0.68	痕 迹	0.60	6.27
氨 态 氮	0.79	0	2.24	0
其 他 态 氮	56.13	21.86	1.06	40.48

2. 各种家畜粪尿的 差异性 各种家畜粪尿成分和性质的差异, 主要表现在有以下几点:

(1) 粪尿性质的差异

表37 家畜粪尿成分含量比较

项 目	水 分 (%)	有 机 质 (%)	氮 素 (%)	磷 酸 (%)	氧 化 钾 (%)
猪 粪 尿	80	15.0	0.60	0.45	0.50
	97	2.5	0.30	0.13	0.40
马 粪 尿	76	20.0	0.50	0.35	0.30
	90	6.0	1.20	<0.01	1.50
羊 粪 尿	60	25.5	0.75	0.50	0.30
	85	5.0	1.40	0.05	2.20
牛 粪 尿	93	15.0	0.30	0.25	0.10
	93	2.30	0.50	<0.01	0.60

从上表可知, 有机质含量以羊、马粪较高, 在20%以上, 猪、牛粪较少, 在15%左右。而氮、磷、钾含量以猪、羊粪较高, 马粪中等,

牛粪稍差,所以猪粪是肥效很高的上等肥料。

(2) 粪尿排泄量的差异

表38 家畜每年粪尿排泄总量 (斤)

项 目	年 排 泄 量		粪 尿 比 例
	总 数	其 中 粪 尿	
猪	6,570	2,190 4,360	3.3:6.7
羊	1,460	1,045 365	7.5:2.5
马	16,750	7,300 3,650	6.7:3.3
牛	16,250	10,350 7,300	6.0:4.0

从上表可知,牛、馬这一类大家畜年排泄量最大,猪中等,羊最少。

(3) 肥分总量的差异 单了解各种家畜粪尿的质量和数量,还是不够的,必须把二者统一起来看,就是把各种肥分的百分含量和排泄量折算成肥分总量。这对积肥、保肥和施肥实践上,具有重要意义。

表39 每年排泄粪尿肥分总量 (斤)

项 目	氮	磷	钾
猪 粪尿	13.1 } 26.2 13.1	9.9 } 15.6 5.7	11.0 } 28.5 17.5
羊 粪尿	8.2 } 13.3 5.1	5.5 } 5.7 0.2	3.3 } 11.3 8.0
马 粪尿	26.5 } 80.3 43.8	25.6 } 26.2 0.6	21.9 } 76.7 54.8
牛 粪尿	32.9 } 69.4 36.5	27.4 } 28.8 1.4	11.0 } 54.8 43.8

从上表可知：家畜粪尿的肥分总量，虽然猪、羊的比馬、牛的为少，但是猪、羊，特别是猪的繁殖快，发展快，生长也快，与牛馬大家畜比較起来，每年所能积存的肥料，就要比馬、牛的数量大得多。因此，大力发展养猪，能够多积肥，积好肥，在农业生产中有着特殊的意义。其次，如按每亩地施用 8 斤純氮計算，根据家畜粪尿总肥分含量，可以大致估計出各种家畜所能負担的施肥面积如下表：

表40 每年排泄的粪尿能負担的施肥面积（市亩）

家 畜 种 类	負 担 施 肥 面 积
猪	3.3
羊	1.7
馬	10.0
牛	8.7

（4）家畜粪肥質地的差异

①猪粪 农民說，猪粪的劲头足，油性大，是好肥料。所謂劲头足就是猪粪中养分含量較多，尤其是含氮量較高，而且猪粪中的碳氮比例（C / N）比其他家畜为小，例如下表：

表41 各种家畜粪碳氮的比較

名 称	碳：氮（C：N）
猪 粪	7.14:1
羊 粪	13.3 :1
馬 粪	13.4 :1
牛 粪	21.5 :1

C / N 率小，則蛋白質氮分解为氨态氮快，而使其中速效性氮的含量增高，以羊粪和猪粪比較，虽然氮的百分含量相似，但羊粪

的C/N率高,有效氮释放慢,肥效不及猪粪显著。

猪粪中磷的含量比其他家畜粪尿为高。这些磷都以有机状态存在,受土壤的固定少,能逐渐释放出无机磷,供植物吸收利用,是最好的磷肥。

猪粪中钾的含量与其他家畜粪尿的含量均相似,所以施猪肥后,庄稼生长健壮,茎粗籽饱产量高。所谓猪粪的油性大是含有部分脂肪之故。有人对猪粪进行了分析,确定了猪粪中脂肪的含量占碳量的11.42%,比牛、羊、马的都高(表42)。

表42 猪粪及其它家畜粪的有机质组成(占碳的%)

	脂 肪 (%)	总腐殖质 (%)	胡 敏 酸 (%)	富 啡 酸 (%)	半 纤 维 (%)	纤 维 素 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	6.08	23.80	9.05	14.74	9.94	60.2
马 粪	8.00	23.60	13.95	9.88	6.42	62.0

油性大可以增强土壤的保水能力,加速土壤熟化,因为猪粪腐熟以后形成的腐殖质,其总量可高达26%。它不仅有效地改善了土壤的理化性质,而且其中的胡敏酸还能刺激植物生长。

另外,猪粪因含水较多,粪质细密,腐熟过程中发热低,故为冷性肥料。但与牛粪相比,又要温和一些,因此,又有人把猪粪叫作温性肥料。

②牛粪 牛是反刍动物,对饲料的咀嚼细致,所以粪质细密,空气不易透入,由于牛饮水多,粪中含水量高,同时因为牛粪含氮低,C/N比值高,因而牛粪分解缓慢,温度不能显著提高,故称牛粪为冷性肥料。如能将牛粪稍微晒干一下,然后与杂草分层堆积,堆积时加入一些污水,尿水,可加速其分解。或将牛粪和马粪掺

和堆积,也能促进牛粪腐熟。

③馬粪 馬对饲料咀嚼粗放,所以粪質疏松多孔,容易通气,同时馬粪含水少,氮素丰富,因而分解快,发热高,故称为热性肥料。由于粪質疏松发热高,氮素容易挥发损失,故須注意掺土分层压实堆积,以吸收肥分。

④羊粪 羊飲水少,食物咀嚼很細,所以羊粪密致,通气困难,但他是家畜粪中肥分最浓的一种,所以分解发热虽不如馬粪迅速,却比猪粪、牛粪为快,故也称为热性肥料。

根据以上所說,馬、羊粪属于热性肥料,猪、牛粪属于冷性肥料这种質地的差别,对于保存和施用家畜粪肥,有一定指导意义。馬、羊粪分解快,发热高,氨态氮容易挥发,因此保存时最好能与吸收性强的物質如干細土等混合堆积。在施用方面,群众有“冷土施热粪,热土施冷粪”的经验,也就是看土施肥。一般冷性肥料宜施于排水良好,質地較砂的土壤,而热性肥料宜施于排水通气不良的粘質土壤。

家畜粪尿的分解腐熟

一般农民都有“粪不发,上田沒劲”“生粪上田易烧苗”的宝贵经验。这就是說,粪肥必須经过发酵腐熟,才能使用,因为粪肥中植物养分,大都成蛋白質和纖維素等复杂的有机物形态存在。这些有机物施入土中后,分解緩慢,不能及时供应植物生长,同时还可能因为微生物的活动发生和植物竞争养料的现象,使植物得不到有效的养料,特别是氮素养料,而影响生长。所以粪肥必須经过堆腐后施用才能发挥最大的肥效。

1. 家畜粪尿分解过程的变化 家畜粪尿的分解过程与土壤中有机質的分解过程基本上是一致的,因此,这里只简单說明一下。家畜粪尿的分解过程是一种很复杂的生物化学过程。按分解时的通

气条件不同,一般可分为好气性的分解和嫌气性分解两个类型,分解类型不同,所形成的最终产物也不同,好气分解的最终产物是完全氧化的物质如 CO_2 、水、氨和各种无机盐类,而嫌气条件的分解产物除部分 CO_2 、氨气和水以外,大部分是一些分解不完全的中间产物和沼气,亚硝酸和各种有机酸。如果按粪尿的组成成分去分,则可分为含氮有机物的分解和不含氮有机物的分解两种。但是,这两类有机物的分解过程,除尿素在尿素酶的作用下,按下式 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ 迅速分解以外,其余都在好气与嫌气条件下进行的,因此,它们的分解产物与上述相同。好气和嫌气分解或含氮物质和不含氮物质的分解,都是同时进行的,只有程度上的差别而不是孤立地单独地进行的。这一点对于正确了解掌握家畜粪肥堆腐过程和保存肥分,也有一定意义。

2. 家畜粪肥腐熟过程的阶段 家畜粪肥按照发酵分解程度的不同,可分为三个阶段,即轻度分解阶段,半腐熟阶段和腐熟阶段。

粪肥的堆积初期,有机质仍保持原来的颜色和它的坚固性,如用水提浸,溶液呈红黄色或浅绿色。这就表示粪肥已有轻度分解。

粪肥达到半腐熟阶段时,有机质已失去原有的坚固性,而呈现深褐色,水浸液为黑色,体积缩小,约失重20—30%左右。

腐熟阶段的辨别标志是失去粪肥原有形态,变成黑色泥状物,水浸液无色,重量为原来的一半左右。如果继续堆积,粪肥自然压实,进入腐殖质大量形成的嫌气状态,表现为疏松的土状物质。一般情况,粪肥只要堆积到半腐熟状态即可使用。如需继续堆存,必须采取保肥措施,否则会因各种原因引起肥分的大量损失。

家畜粪尿的积存方法

我国农村很少单独积存牲畜粪尿、单独施用的。一般都是在牲