

农业科学知识丛书

肥料

湖北省农业科学研究所编著



科学技术出版社

目 次

一、积肥	1
(一)肥料的組成	1
(二)人粪尿	5
(三)家畜粪尿	9
(四)家禽粪尿与蚕粪	15
(五)堆肥	16
(六)塘肥	20
(七)水粪	23
(八)熏土	26
(九)草木灰	30
(十)肥泥	32
(十一)陈牆土	33
(十二)地皮土	36
(十三)泥炭	40
(十四)海肥	43
二、造肥	44
(一)氮肥	45
(二)磷肥	56
(三)钾肥	62
(四)复合肥料	63
(五)微量元素肥料	65
(六)间接肥料	66
(七)細菌肥料	68
三、种肥	71
(一)种植綠肥的意义和好处	71
(二)綠肥作物的栽培及利用	73
(三)野生綠肥的采集与利用	90

一、积 肥

(一) 肥料的組成

1. 肥料的組成元素

一般农家所积的肥料，都含有不同数量的水分、有机質和灰分。

將潮湿状态的肥料烘干，讓水分全部变成水蒸气跑掉，剩下来的叫做干物質；干物質中包括有机質和灰分。

有机質主要是碳、氫、氧、氮四种元素組成的。將干物質燒成灰，能够燃燒的有机質就全部跑掉，剩下来的不能燃燒部分，叫做灰分。灰分中含有磷、鉀、鈣、鎂、硫、鉄、矽、硼、錳、銅、鋅、鉍等元素。

2. 肥料三要素

肥料中所含的各种元素，当中氮、磷、鉀三种最重要，作物吸收得很多，土壤不能完全供应，要下肥料来补充它。所以，我們把氮、磷、鉀三种主要营养元素，叫做肥料三要素，其他像硼、錳、銅、鋅、鉍等元素，作物吸收得很少，叫做微量元素。

(1) 氮(N) 是作物最需要，而土壤里供应最不够的一种营养元素。它是蛋白質的主要成分，而蛋白質又是植物生命的基础，所以氮对作物的生長發育关系最大。它能使作物長得茂盛健壯，如果缺少了，庄稼就会長得瘦黃矮小，产量很低；太多了，庄稼就会貪青瘋長，迟熟倒伏，并且容易遭受病、虫、

冻害。含氮多的肥料，像人粪尿、硫酸铵等，叫做氮素肥料或氮肥。

(2) 磷(P_2O_5) 也是作物最需要的一种营养元素，它能帮助作物长根结子，促进早熟，还能提高作物的品质。在氮肥施用过多时，磷就更显得重要。含磷多的肥料，像骨粉、过磷酸钙、磷矿粉等，叫做磷素肥料或磷肥。

(3) 钾(K_2O) 它能促进作物的光合作用，加强作物制造糖分的能力，使作物茎粗秆壮，根系发达，抵抗病、虫、冻害的能力加强。像草木灰，就是一种含钾多的肥料，叫做钾素肥料或钾肥。

3. 肥料中氮的形态和特性

(1) 硝酸态氮 硝酸态氮容易溶解在水里，能被作物直接吸收，见效很快。含硝酸态氮的肥料，有硝酸钾、地皮土、陈牆土等。硝酸态氮很难被土壤吸收保存，施在水田容易流失，还容易变成氮气跑掉，所以，含硝酸态氮的肥料，施在旱地比施在水田肥效好。

(2) 氨态氮 氨态氮同硝酸态氮一样，也容易溶解在水里，能直接被作物吸收，见效也很快；像硫酸铵、氨水、腐熟的人粪尿等。氨态氮同硝酸态氮不同的地方，就是土壤能够吸收保存，不像硝酸态氮那样容易流失，所以水田、旱地都可施用。氨态氮在旱地里，经过硝化细菌的作用，很容易变成硝酸态氮。

以上两种是无机态氮，以下三种是有机态氮。

(3) 尿素态氮 尿素态氮能够溶解在水里，它的稀薄溶液，能被作物的叶子吸收，但不能直接被根系吸收；需要经过尿素分解细菌的作用，变成氨态氮后，作物才能利用。尿素态氮分解为氨态氮的作用很快，普通夏季经过三、四天，冬季经

过十多天就可分解完全。像新鲜的人粪尿，就是一种含尿素态氮的肥料。

(4) **氰氨态氮** 氰氨态氮是化学肥料石灰氮的主要成分，一般农家肥料都不含氰氨态氮。这种形态的氮，作物不能直接吸收，需要经过微生物作用，先分解成尿素，再分解成氨态氮后，作物才能利用。

(5) **蛋白质态氮** 蛋白质态氮是有机肥料中氮的主要形态，像饼肥、堆肥、绿肥、厩肥、作物茎秆等等有机肥料，它们所含的氮，绝大部分是蛋白质态氮。这种形态的氮，作物不能直接利用，要经过微生物作用，分解成氨态氮后，作物才能吸收。蛋白质态氮的分解，同肥料中碳与氮的比例有密切关系：碳氮比大，分解困难，见效慢，肥效低；碳氮比小，分解容易，见效快，肥效高。例如，稻草的碳氮比大约是70，新鲜牛粪是25，紫云英是17，豆饼是6，所以这几种肥料以豆饼见效最快，肥效最大，紫云英其次，新鲜牛粪再其次，稻草见效最慢，肥效最小。

4. 肥料中磷的形态和特性

(1) **水溶性磷** 水溶性磷能够溶解在水里，作物可以直接吸收，见效快，肥效大；像过磷酸钙、磷酸铵中所含的磷，大部分是水溶性磷。

(2) **枸溶性磷** 枸溶性磷不能溶解在水里，但能溶解在2%柠檬酸中；因为柠檬酸又叫枸橼酸，所以这种形态的磷，叫做枸溶性磷。枸溶性磷可被作物根系分泌的有机酸溶解，然后吸收利用。像钙镁磷肥、烧结磷肥、脱氟磷肥和钢渣磷肥中的磷，绝大部分是枸溶性磷。这种形态的磷，在石灰性土壤上，一般肥效不如过磷酸钙，但在酸性土壤中，肥效常比过磷

酸鈣还好。

(3) **难溶性磷** 难溶性磷不能溶解在水里，也很难溶解在2%檸檬酸中，一般見效較慢，肥效較小。像磷矿粉中的磷，大都是难溶性磷。

以上三种都是無机态磷。

(4) **有机态磷** 有机态磷是有机質肥料中磷的主要形态。当有机質肥料腐爛后，它所含的磷就变成了能被作物吸收利用的状态，所以肥料中有机态磷的肥效，一般不在过磷酸鈣之下。

5. 肥料中鉀的形态和特性

(1) **無机态鉀** 無机态鉀容易溶解在水里，能够被作物直接吸收利用，見效很快。像硫酸鉀、氯化鉀、碳酸鉀等，都是含無机态鉀的肥料。草木灰中鉀的成分，主要是碳酸鉀，所以見效也很快。

(2) **有机态鉀** 有机态鉀是有机質肥料中鉀的主要形态。在有机質肥料中，鉀大部分同脂肪酸結合在一起，它同無机态鉀一样，能溶解在水里，見效很快。

6. 肥料中有机質的功效

一般农家所积的肥料，都含有大量有机質，例如，在人畜糞尿、厩肥、堆肥和綠肥等肥料的干物質中，大約含90%的有机質。所以这类肥料也叫做有机質肥料。肥料中的有机質，除了含有氮、磷、鉀三要素和微量元素外，还有以下几种主要功效：

(1) 有机質腐爛后，变成腐植質。腐植質能把土壤中細小的土粒粘結起来，成为有团粒結構的土壤。这种土壤，干旱时能减少水分蒸發，下雨后能排掉多余水分；不結不松，空气流通，适宜根系發展和微生物的活动。

(2)腐植質可以使土壤的顏色加深，吸收陽光，增加土溫，有利于作物的生長發育。

(3)有機質在土壤里腐化分解時，放出大量二氧化碳，可以加強作物的光合作用；同時還能溶解土壤中磷、鉀養分，變成作物容易吸收的狀態。

(二) 人 糞 尿

1. 人糞尿的成分

人糞尿是農家最主要的速效性氮素肥料。大人、小孩平均起來，每人每年大約可排泄糞尿 1,000 斤。人糞尿的成分，同食物種類、人的年齡、健康情況等有很大關係，但大致成分如下：

表 1 人糞尿的成分(%)

類 別	水 分	有機物	氮	磷 酸	氯化鉀
人糞尿(新鮮)	93.5	4.9	0.85	0.26	0.21
人糞尿(腐熟)	95.0	3.4	0.57	0.13	0.27
人糞(新鮮)	77.2	19.8	1.30	0.40	0.50
人尿(新鮮)	93.5	3.3	0.50	0.16	0.20

新鮮人糞尿中大約含有 2% 的尿素，直接用為旱地作物的種肥或苗期追肥，會使土壤溶液的濃度變大，對種子發芽和根系發育有妨礙，甚至會燒傷種子和幼苗。同時，新鮮人糞尿中還含有很多寄生蟲卵和病菌，容易傳播疾病。所以，人糞尿必須預先貯存一些時間，讓它腐熟以後，才可以施用。

新鮮人糞尿在夏季經過五、六天，冬季經過二、三十天就可

腐熟，腐熟的人粪尿是綠色或暗綠色，帶有氨的臭氣。如果等着用，來不及腐熟，每担人粪尿可加4兩到半斤碎豆餅；因為豆餅中含有很多尿素分解酵素，可以加快尿素的分解，夏季有半天到一天，冬季有兩、三天，就可分解完全。

人粪尿在腐熟時，尿素經過尿素分解細菌的作用，生成碳酸銨。碳酸銨很容易分解為氨，揮發跑掉，如果不注意保存，氮素往往會跑掉一半左右。

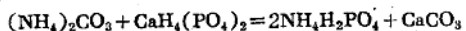
2. 怎样防止人粪尿中氮素損失

(1)防止人粪尿中氮素損失的方法，最好是將糞缸或糞池加棚加蓋。因為溫度愈高，空氣愈流通，氨揮發得愈快；加棚加蓋可以避免日晒風吹，減少氨的揮發。

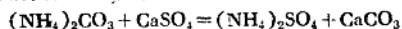
表 2 人粪尿貯存方法与氮素損失的关系

貯存方法	氮素損失 (%)	
	福建省農業科學研究所	湖北省農業科學研究所
糞缸放在露天	68.7	56.7
糞缸加棚	45.6	45.0
糞缸加蓋	25.1	—
糞缸加棚加蓋	8.4	7.4

(2)其次，人粪尿中加入3%左右的過磷酸鈣，效果也很好。因為過磷酸鈣的主要成分是磷酸一鈣同石膏，加到人粪尿中，可以和容易揮發的碳酸銨起作用，生成不揮發的磷酸二氫銨和硫酸銨。



碳酸銨 磷酸一鈣 磷酸二氫銨 碳酸鈣



碳酸銨 石膏 硫酸銨 碳酸鈣

表 3 人粪尿加过磷酸钙贮存时氮素损失的情况

貯 存 方 法		氮 素 损 失(%)		
		1 月后	2 月后	3 月后
無 / 棚	不加过磷酸钙	17.3	37.8	55.7
無 盖	加 3 %过磷酸钙	10.2	23.2	31.0
有 棚	不加过磷酸钙	3.6	13.4	20.3
有 盖	加 3 %过磷酸钙	3.2	9.3	11.7

(3)此外,在人粪尿中加入石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、黑矾(也叫綠矾、青矾、皂矾, FeSO_4)或明矾[$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$],也有一定效果。加石膏、黑矾或明矾的作用,也是將人粪尿中容易揮發的碳酸銨,轉变成成为不揮發的硫酸銨。不过这种方法,只有需要施用石膏、黑矾或明矾时才有效,而且要在价格便宜的地区才有实用价值。

人粪尿加石膏等贮存时氮素损失的情况

表 4

(湖北省农业科学研究所)

貯 存 方 法	氮 素 损 失(%)
不加	45.0
加石膏 2 %	39.6
加黑矾 0.5 %	35.6
加明矾 0.5 %	34.4

(4)在有草炭资源的地区,將草炭晒干、碾細,加到人粪尿中,也可以防止氮素损失,而且还可以加速草炭分解。

根据苏联龙諾夫試驗站的研究結果如下表:

表 5 人粪尿加草炭贮存时氮素损失的情况

貯 存 方 法	氮 素 损 失(%)
加草炭 10%	66.3
加草炭 25%	55.4
加草炭 50%	12.0

(5)人粪尿不能同草木灰、石灰混在一起贮存,因为草木灰、石灰中所含的氧化钾、氧化钙等碱性物质,会同人粪尿中的碳酸铵起作用,使氨挥发得更快。混合贮存愈久,氮素损失也愈多。

人粪尿拌草木灰贮存时氮素损失的情况

表 6

(华南农业科学研究所)

貯 存 时 期	貯存方法 氮素损失(%)	人 粪 尿		人粪尿拌草木灰	
		氨态氮	全 氮	氨态氮	全 氮
3 天		4.7	7.8	40.3	27.4
15 天		13.9	28.9	62.9	35.3
30 天		30.3	30.2	66.4	73.6
60 天		67.4	63.7	95.0	84.6

由此可见,在有施用尿窖灰或塞秧根习惯的地区,应当将尿同灰分开贮存,随拌随用。

3. 怎样施用人粪尿

(1)人粪尿可以用作基肥,也可以用作追肥。为了避免烧死植物和防止寄生虫病及肠道传染病的传播,禁止施用新鲜人粪尿。

(2)腐熟人粪尿中的氮,70%以上是氨态氮,很容易挥发

跑掉，施用时要加三、四倍水冲淡，施用后要結合 犁地 薅草，随即用土把它盖住。

(3) 水田施用人粪尿后，五、六天内不要排水，以免肥分流失。

(三) 家畜粪尿

1. 家畜粪尿的产量与成分

猪、牛、馬、羊等家畜的粪尿，同垫的土或草合在一起，叫做厩肥，又叫欄粪、圈粪。

表 7 一般家畜粪尿的产量

家畜种类	一天排泄量(斤)		一年排泄量(斤)		
	粪	尿	粪	尿	总 計
猪	4	6	1,460	2,190	3,650
牛	42	18	15,330	6,570	21,900
馬	38	12	13,870	4,380	18,250
羊	1.5	1.5	548	547	1,095

表 8 家畜新鲜粪尿的成分(%)

种 类	水 分	有机物	氮	磷 酸	氧化钾
猪 粪	82.0	16.0	0.5	0.50	0.4
牛 粪	80.0	18.0	0.3	0.20	0.1
馬 粪	75.0	23.0	0.5	0.30	0.3
羊 粪	68.0	29.0	0.6	0.30	0.2
猪 尿	94.0	2.5	0.5	0.05	1.0
牛 尿	92.5	3.0	1.0	0.01	1.5
馬 尿	89.0	7.0	1.2	0.05	1.5
羊 尿	87.5	8.0	1.5	0.10	1.8

家畜粪尿是农家最主要的肥料，一头猪一年大约可排泄粪尿 3,650 斤，一头牛 21,900 斤，一头马 18,250 斤，一头羊 1,095 斤；再加上垫的土或草，数量就更多了。

家畜粪尿的成分，因品种、年龄、饲料不同而有差别，表 8 是一般家畜新鲜粪尿的大概成分。

根据家畜粪尿的产量与成分，算一笔账，如果排泄的粪尿一点都不损失，每头家畜每年粪尿中氮、磷、钾的总量如下表：

表 9 每头家畜全年粪尿中氮磷钾的总量

种 类	氮(斤)	磷酸(斤)	氧化钾(斤)
猪 粪 尿	19.7	8.4	27.7
牛 粪 尿	111.8	37.2	113.9
马 粪 尿	121.9	43.8	107.3
羊 粪 尿	11.5	2.2	11.0

如果将上表中氮、磷、钾的总量，折算为化学肥料，可以看出每头家畜对积肥、造肥所起的作用，很像一个小小肥料工厂。

表 10 每头家畜全年粪尿与化学肥料相当的肥分

种 类	每头家畜一年排泄的肥分相当		
	硫酸铵(斤)	过磷酸钙(斤)	硫酸钾(斤)
猪 粪 尿	99	47	58
牛 粪 尿	559	207	237
马 粪 尿	610	243	224
羊 粪 尿	58	12	23

家畜粪尿的成分，因饲料不同，变动很大。例如，在粗饲

料里添加20%的豆餅喂猪，猪吃了不但能多長肉，而且排泄的粪尿也肥得多。

家畜粪尿含氮量与飼料的关系

表 II

(华北农业科学研究所)

飼料种类	含氮(%)		玉米产量 (斤)
	猪粪	猪尿	
喂粗飼料	0.48	0.08	229
喂粗飼料加 20% 豆餅	0.63	0.41	310

所以，直接用豆餅、麻餅、菜籽餅、棉仁餅等可以用作飼料的油餅肥田，很不經濟，不如將油餅先拿来喂猪，再用猪粪尿肥田。

2. 家畜粪尿的积制方法

家畜粪尿的积制方法，分窖粪、草粪和土粪三种。

(1) 窖粪 猪舍的修法有两种形式，一种是將粪窖修在猪圈下面，粪窖上架石板或木板养猪，每天將粪尿冲洗到粪窖里。这种猪舍的粪窖大都無盖，氮素容易揮發損失，也不衛生。另一种是將粪窖修在猪舍外面，猪舍內的地面是用三合土修成，地面向着粪窖稍微傾斜，四周有溝，粪尿可沿着斜坡和溝冲洗到粪窖里，窖上有盖。这种猪舍氮素揮發損失比較少，也比较衛生。

窖粪法主要用于猪粪尿的积制，在山区或丘陵地区比較普遍。这样所积的粪尿又叫水粪，每头猪每年大約可积水粪六、七十担。水粪的成分大致如下。

表 12

水粪的成分

(湖北省农业科学研究所)

成分名称	平均 (%)	最高 (%)	最低 (%)
水分	89.400	97.800	82.300
有机质	6.600	11.900	3.100
全氮	0.270	0.580	0.140
氨态氮	0.055	0.072	0.037
酸碱度 (PH)	8.400	8.500	8.300

(2) 草粪 草粪是用草皮、草炭、湖草、落叶和作物茎秆等作为垫栏材料。栏内垫草不但可以保持栏内清洁，减少肥分损失，而且也是利用草皮、草炭和作物茎秆等，增加积肥数量的最好方法。

腐熟的草粪的成分，由于垫栏材料、牲畜种类、饲料好坏和腐熟程度不同，差别很大，但大致成分如下：

表 13

草粪的成分

成分名称	平均 (%)	最高 (%)	(最低 %)
水分	63.800	80.30	11.600
有机物	21.100	50.00	8.900
氮	0.670	1.78	0.160
氨态氮	0.025	0.21	0.003
磷酸	0.360	1.11	0.003
速效性磷酸	0.230	0.82	0.002
氧化钾	0.810	2.30	0.120
速效性氧化钾	0.620	1.69	0.004

(3) 土粪 土粪是用晒干的塘泥、沟泥、陈墙土或熏土等肥土作为垫栏的材料；质量虽然不如草粪，但在缺少垫草的情况

下，用肥土垫欄也是吸收糞尿肥分，減少氮素揮發的好办法。

用土垫圈，土的用量一般是家畜尿的3—4倍，垫土太少，不能充分吸收糞尿，氮素容易揮發損失；垫土太多，又会降低肥料質量，变成了“土搬家”。

下面是华北农業科学研究所对猪尿用抽气法在室温20℃左右情况下做的試驗：

表 14 猪尿加土防止氮素損失的情况

处 理 项 目	12天的氮素損失(%)
猪尿不加土	81
猪尿加 1 倍干土	48
猪尿加 2 倍干土	15
猪尿加 3 倍干土	7
猪尿加 4 倍干土	6

土糞的成分，同垫土的多少和土的質量关系很大。下表只是一个大概成分；

土糞的成分

表 15

(华北农業科学研究所)

成分名称	平均(%)	最高(%)	最低(%)
水分	21.200	63.200	0.600
氮	0.320	1.000	0.090
氨态氮	0.010	0.113	0.000
硝酸态氮	0.026	0.104	0.000
酸磷	0.304	1.580	0.080
氧化钾	0.753	2.670	0.230
有机質	7.370	23.150	1.880
碳氮比	14.000	28.200	4.200

3. 怎样防止家畜粪尿的肥分损失

家畜粪中的氮，主要是蛋白質态氮；家畜尿中的氮，主要是尿素态氮。尿素态氮在积制过程中，很容易变成氨态氮挥发跑掉，所以防止家畜粪尿的肥分损失，除了要做到猪有圈、牛有栏，避免猪不归圈、牛不回栏的现象，以及放牛时用粪桶接尿，或训练牛定时便尿，不让粪尿损失外，还必须做到下面几点：

(1) 粪窖有棚、有盖，栏内垫土、垫草，起出来的粪堆在一起，糊泥盖草，避免肥分流失与挥发。

(2) 粪施下地，随即耕翻，用土盖住，以免氨挥发跑掉。

(3) 水粪和草粪在堆沤时，加入2—4%过磷酸钙或磷矿粉，可以减少氮素挥发，也可以提高磷的肥效。

4. 怎样施用家畜粪尿

(1) 草粪与土粪最适宜用作基肥；窖粪可以用作基肥，也可以用作追肥。

(2) 用青草或青草皮垫栏的草粪，因为青草比枯草含氮高，碳氮比小，容易腐化分解，出栏后一般不必经过堆沤，就可施用，以免堆沤时氮素损失。用粪秆等枯草垫栏的草粪，出栏后一般要堆沤，腐熟后再施用。

(3) 未腐熟的厩肥，碳氮比大，分解缓慢，不宜在临播种插秧时施用，但可提前一、两个月施用，以便有充足时间在土壤中分解。

(4) 厩肥中的氮，80%以上是有机态氮，肥效较慢，播种插秧时最好加施些速效性的氮素肥料，如人粪尿、硫酸铵等。

(5) 厩肥中磷的含量较少，同磷肥混合施用，不仅可以弥补磷的不够，还可以避免水溶性磷肥（如过磷酸钙）被土壤固

定，促进枸溶性磷肥（如钙镁磷肥）及难溶性磷肥（如骨粉、磷矿粉）的溶解。

（四）家禽粪尿与蚕粪

家禽粪尿就是鸡、鸭、鹅、鸽四种家禽的粪尿。

一般家禽常吃虫、鱼、谷、菜等养分比较高的食物，饮水很少。所以粪尿中氮、磷、钾的含量比家畜粪尿高，水分较少。

表 16 一般家禽粪尿的成分(%)

种 类	水 分	有机物	氮	磷 酸	氧化钾
鸡 粪 尿	56	26	1.6	1.5	0.9
鸭 粪 尿	57	26	1.0	1.4	0.6
鹅 粪 尿	77	23	0.6	0.5	1.0
鸽 粪 尿	51	31	1.8	1.8	1.0

家禽粪尿中的氮，大都是尿素态氮，很容易分解成氨态氮，肥效很快。

新鲜蚕粪的成分，随蚕龄而不同：

新鲜蚕粪的成分(%)

表 17

（中华农学会报，陈方济）

蚕 龄	灰 分	有机物	氮	磷 酸	氧化钾
第 一 龄	11.88	88.12	3.58	0.50	0.84
第 二 龄	11.19	88.31	2.32	0.70	2.65
第 三 龄	11.10	88.90	3.29	0.66	3.40
第 四 龄	13.38	86.62	2.32	0.75	3.19
第 五 龄	14.81	85.19	2.22	0.72	2.45
熟 蚕 粪	22.36	77.64	13.55	8.37	10.15