

编号: 0204

科学技术成果报告

棉、菜、茶籽饼去毒
和作饲料的研究

科学技术文献出版社

目 录

前言	1
第一部分 棉籽饼粕脱毒方法及喂猪的研究	1
一、棉籽饼粕不去毒喂猪	2
二、棉籽饼粕去毒喂猪	5
三、浸出棉籽粕去毒喂公、母猪试验	8
四、棉饼猪粪的肥效	9
五、结语	9
附件一 猪肉、血、内脏中棉酚的测定	10
附件二 棉籽饼粕中游离棉酚测定方法	13
主要参考资料	14
第二部分 菜籽饼坑埋脱毒及脱毒菜籽饼喂猪试验	14
一、试验方法	15
二、试验结果	15
三、结论	20
附件 菜籽饼中异硫氰酸盐和恶唑烷硫酮的分析方法	20
参考资料	25
第三部分 菜籽饼“发酵中和法”脱毒及废水利用	26
一、菜籽饼中的营养成分和有毒物质	26
二、菜籽饼“发酵中和法”脱毒方法的产生和机理	27
三、菜籽饼粕“发酵中和法”脱毒的具体做法	29
四、菜籽饼中硫葡萄糖甙的含量测定	31
五、脱毒程度和喂猪试验	31
六、菜籽饼脱毒废水的综合利用	32
七、讨论	34
附件 菜籽饼中主要毒素芥子甙的测定方法——甙分容量法	35
第四部分 菜籽饼粕石灰脱毒及脱毒菜籽饼粕作猪饲料试验	36
一、前言	36
二、脱毒的原理和方法	37
三、配制混合饲料试验	38
四、菜籽饼粕喂猪试验	44
五、菜籽饼粕喂的试验猪的病理组织学观察	53
六、混合饲料生产试验	64
七、小结	68
附件一 硫酸钡重量法测定芥子甙含量	70
附件二 日处理两吨混合发酵饲料、五吨混合干饲料试验车间设计说明	72
附件三 纤维曲的生产工艺	75

主要参考资料	77
第五部分 棉、菜饼简易脱毒和不脱毒喂猪试验	78
一、前言	78
二、试验方法和设计	78
三、试验结果	79
四、讨论与结语	85
第六部分 棉、菜、茶籽饼粕硫酸铵和石膏处理法去毒喂猪试验	86
一、三饼资源及营养成分	86
二、三饼中的有毒物质	87
三、三饼脱毒方法	87
四、脱毒饼粕喂猪试验	89
五、试验效果	89
第七部分 利用未经去毒的菜籽饼和棉籽饼限量喂猪试验	96
一、试验的依据	96
二、试验的设计和试验结果	97
三、讨论	103
四、小结	104
参考资料	104
第八部分 棉、菜籽粕在配合饲料中的应用	105
一、棉、菜籽粕在猪配合饲料中的应用	105
二、棉仁粕在肉用仔鸡日粮中的应用	110
三、菜籽粕在肉用仔鸡日粮中的应用	116
四、在肉用仔鸡日粮中同时使用棉仁粕和菜籽粕饲喂试验	120
参考资料	125
第九部分 棉籽饼作猪、鸡饲料的研究	126
一、蛋白质饲料在畜牧生产中的重要性	126
二、棉籽饼是一项重要的蛋白质饲料资源	127
三、棉籽饼的营养价值	127
四、家畜的棉酚中毒和棉籽饼去毒技术	129
五、棉籽饼作猪、鸡蛋白质饲料的饲养效果	130
六、饲喂含棉仁饼日粮之猪、鸡产品对人的安全性	134
七、小结和建议	134
参考资料	135
第十部分 棉籽饼粕作饲料的毒性与去毒问题	136
一、棉籽饼粕的毒性及其影响因素	136
二、机榨饼粕不经去毒直接饲喂	138
三、棉籽饼粕的去毒方法	141
四、棉籽饼粕用作饲料的几点建议	144

棉、菜、茶籽饼去毒和 作饲料的研究

前 言

广辟蛋白质饲料来源，是发展畜牧业生产十分重要的问题。我国广大科技人员对此作了大量研究工作。近年来，在棉、菜、茶籽饼粕去毒和用作饲料的研究方面取得了可喜成果，研究出几种有效的去毒方法，作了大量的试喂试验、病理解剖观察、残毒测定、饼粕喂猪后肥效试验以及在猪、鸡配合饲料中的应用试验等。现将试验研究的结果分十大部份报告如下。

第一部分 棉籽饼粕脱毒方法及喂猪的研究

粮食部湖北粮油科学研究所 沈德炎、

陈文英、杨象芬、罗明朗

畜牧业在我国正越来越受到应有的重视。大力发展畜牧业，对改变我国人民目前的食物构成，改善人民的生活，提高整个民族的健康水平有着重要的作用。饲料是发展畜牧业的物质基础之一。实践证明，畜牧业的发展规模和速度，很大程度决定于饲料，没有满足各类家畜生长、发育所必需的饲料，畜牧业就不可能高速度发展，生产水平就不能很快提高，高的产品率就不能保证。

蛋白质饲料在饲料中占有特殊的地位，由于动物不能把非蛋白氮合成自身蛋白质，必须在饲料中摄取蛋白质或氨基酸，才能够合成自身蛋白质，来维持正常的新陈代谢、生长发育和繁衍后代，蛋白质饲料是其他营养成分所不能代替的。所以，各国畜牧业对蛋白质饲料非常重视，先进的国家除了充分利用已有蛋白质饲料资源外，仍不断地努力寻求新的蛋白质资源，以满足日益发展的畜牧业的需要。

棉籽饼粕营养丰富，一般含蛋白质30%以上，无氮抽出物30%以上，油脂1—10%（因制油工艺而异），多量的磷及维生素等。其蛋白质的氨基酸组成比较全面，接近于大豆蛋白质的组分（表1—1），是一种很好的蛋白质饲料资源。在美、苏等国，棉籽饼粕已广泛地应用于饲料之中。鉴于它的饲料价值，在国际市场上，棉饼的价格已高于玉米一倍左右。然而，在我国直至目前，棉籽饼粕绝大多数被直接下田作了肥料，没有让这宝贵的蛋白质饲料资源发挥应有的作用，实在可惜！

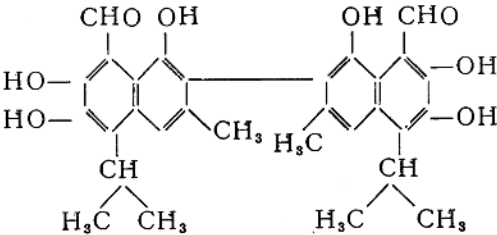
我国棉籽饼粕资源丰富，每年有40多亿斤产量，若广泛用作饲料，必将促进畜牧业的发展。棉籽饼粕其所以我国未能广泛用作饲料，原因之一是在棉饼中含有一类对动物有毒的物质：棉酚（GossyPol），棉酚紫（GossyPurPurin），棉酚金黄色素（Gossyfulvin），

棉酚青色素 (gossycaerulin)，棉绿素 (gossyverduring) 等。棉酚是一种复杂的多元酚类化合物，具有三种异构体，分子式为 $C_{30}H_{30}O_8$ ，分子量为518.57。醌醇式棉酚的结构式为：

表1—1 沔阳县棉籽饼粕蛋白质氨基酸组成

氨基酸名称	含量 (在蛋白质中%)	氨基酸名称	含量 (在蛋白质中%)
赖氨酸	4.45	甘氨酸	3.21
组氨酸	2.45	丙氨酸	3.92
精氨酸	11.59	缬氨酸	5.15
天门冬氨酸	7.15	蛋氨酸	2.35
苏氨酸	2.02	异亮氨酸	3.26
丝氨酸	3.03	亮氨酸	6.80
谷氨酸	18.41	酪氨酸	2.66
脯氨酸	3.56	苯丙氨酸	6.03

注：中国科学院武汉植物研究所分析。



棉酚类其他有毒色素均是棉酚的衍生物。我们一般把具有活性羟基，活性醛基的棉酚叫做游离棉酚。由于游离棉酚在上述有毒物质中相对比较数量最大，毒性较大，人们在研究中将它作为这类物质的代表。过量连续食入游离棉酚能使单胃动物产生积累性中毒。在各类家畜中，猪对游离棉酚又比较敏感，过去湖北、江苏、山东等地农村用棉饼喂猪，曾发生肉猪中毒死亡，公猪不育，妊娠母猪流产等事故。为了研究游离棉酚对猪的危害，找出棉饼去毒喂猪的方法，使我国每年所产数十亿斤棉籽饼粕作为良好的蛋白质饲料物尽其用，有利养猪业的发展，我们学习了有关单位的宝贵经验，在兄弟单位的大力支持下，进行了一些试验。

一、棉籽饼粕不去毒喂猪

资料报道，游离棉酚一般系低毒物质，对大白鼠的半致死量 (LD_{50}) 在 2000—3000mg/kg 左右，动物少量食入并不发生毒害，当过量连续食入达到一定数量后，便产生累积性中毒，逐步发生厌食，拒食，咳嗽，呼吸困难，步伐不稳，后肢无力，瘫痪，身体抽搐等症状，甚至死亡。解剖检查可见组织和脏器广泛性充血和水肿。国外资料还报道，在他们的饲养条件下，在猪日粮中含量低于 0.01% 的游离棉酚肯定无害，0.01—0.02% 的游离棉酚含量极少引起中毒症状，但生长不良，0.02—0.03% 的游离棉酚含量引起猪的死亡。为了了解棉籽饼粕中游离棉酚对猪的毒性影响，以及在我们的饲养条件下，游离棉酚对猪的致毒量，我们用国产 200 型榨机 (200 型红车) 棉籽饼，200 型预榨浸出棉籽粕 (分别含游离棉酚

0.08%，0.065%左右），不予去毒，以不同比例搭配青、粗饲料进行了对肉猪的喂养试验。试验在沔阳县油厂、天门县油厂同时进行，两地所得结果一致。现介绍沔阳县油厂试验情况：试验猪16头，为长白—约克杂交后代，试验前经去势、防疫、驱虫。共分五组。第一组为对照，4头猪，喂食30%的麸皮、米糠作精料，其余为青粗饲料，第二至第五组各3头，分别喂食不同比例的200型机榨棉饼或200型压榨浸出粕，其余为青粗饲料（饲料重量均按风干基础计算，青饲料折干计算）。试验结果如表1—2。

表1—2

棉籽饼粕喂猪毒性试验简表

组别	棉籽饼粕种类	饼粕游离棉酚%	饼粕占猪日粮%	猪日粮内游离棉酚% (计算)	喂食时间	喂229天平均日增重 (斤/头·日)	生长情况	剖检、化验结果
第一组	0	0	0	0	一年	0.56	生长良好。	均正常。
第二组	浸籽出棉粕	0.065	33	0.021	一年	0.61	生长良好，外观未见任何中毒反应。	剖检基本正常，仅肝小叶稍有间质增生，肝残毒0.0075%。
第三组	200型棉红籽车饼	0.08	33	0.026	一年	0.88	生长良好，外观未见中毒反应。	剖检基本正常，仅肝小叶轻度间质增生，肝残毒0.0079%。
第四组	浸出棉籽粕	0.065	45	0.029	一年零五个月	0.71	喂一年零二个月后，出现拒食等中毒反应，停喂棉籽粕二个多月后，恢复正常。	喂食一年的，剖检见肝小叶间质增生等轻度中毒变化，肝残毒0.0082%。出现拒食后，经停喂棉籽粕后，剖检正常，肝残毒0.0012%。
第五组	200型红车棉籽饼	0.08	45	0.036	一年零一个月	0.66	八个半月时，已有中毒症状，一年零一个月时，一头中毒死亡。	八个半月时，剖检见肝脾有病变，喂一年的肝残毒0.0099%。一年零一个月中毒死亡的，肝、脾、肺、肾、胃、淋巴结均有病变，肝切片见肝索断裂，胞核碎裂、浓缩、消失等。

结果表明，用棉籽饼粕喂养的各组猪，比对照组猪增重快，证明了棉籽饼粕具有较高的营养价值。

从表1—2还可看出，在猪日粮内游离棉酚含率低于0.026%时（第二、三组），喂食棉籽饼粕的猪，在长达一年的时期内生长良好，外观无中毒反应，剖检基本正常（仅肝稍有间质增生），游离棉酚在肝内含量分别为0.0075%，0.0079%。当猪日粮内游离棉酚含率为0.029%时（第四组），喂食一年，外观虽无明显病变，肝脾已有病变，肝组织切片可见细胞胞浆有的崩落，有的浓染模糊，胞核大小不均等变化，肝中游离棉酚含量为0.0082%，较二、三组稍高。喂食一年零二个月后，一猪食欲减退，进而拒食，表现出棉酚累积中毒现象，这时停喂棉饼，改喂普通饲料，不久食欲恢复。停喂两个半月后剖检，体重320斤，内脏正常，肝内游离棉酚含量有着明显下降，仅为0.0012%。停喂情况说明，猪体内的棉酚在停喂棉饼后，可以逐渐地向体外排出，从而能减少在体内的积累。

当游离棉酚在猪日粮中含率达到0.036%时（第五组），饲养八个半月，已有棉酚中毒

症状，剖检发现肝质变硬，肝小叶间质增生，脾边粗糙，有多量小丘状出血点等内脏明显病变。肝切片检查，见部分肝小叶中央坏死，肝细胞索崩溃，胞浆溶解、浓染，胞核消失等病理变化。喂至一年零一个月后，一猪发病急促，先是呼吸困难，随即拒食，两天后抽搐，口吐白沫，耳口发绀，后肢瘫痪，近死时进行了病理剖检，发现胸腹积液 500 毫升左右，肝小叶间质增生，脾头轻度硬变，脾边有小丘状出血点，肺肿胀，肾乳头水肿，肠系膜淋巴结水肿，胆汁棕色浓稠，胃底部有较多出血斑块等一系列病变。对内脏涂片检查未见可疑病原菌，证明并非其他疾病所致。组织切片检查发现，肝索断裂、细胞轮廓不清，窦隙扩张，内有红血球，肝细胞出现空泡，个别胞核破裂、浓缩、消失等，肾乳头管细胞胞浆模糊。参照有关资料，证明该猪病情属典型的累积性棉酚中毒症状。

上述情况说明，棉籽饼粕喂猪，只要掌握好在猪饲料中的一定比例，使游离棉酚的含量低于某一数量时，不会引起猪中毒，但超过一定限量，就会导致对猪的毒害，甚至引起死亡。机械化油厂 200 型榨机棉籽饼，200 型预榨浸出棉籽粕，以不超过猪日粮 30% 的比例搭配喂猪是安全的。

在我们的实验中，游离棉酚在猪日粮中的含率为 0.026% 以上喂一年之后，方引起对猪的毒害，这个棉酚致毒含量高于国外资料所报道的含率（0.02%），猪发病的时间也比较迟，国外在这种棉酚水平 40—60 天就出现中毒症状。我们认为出现这些差别，除品种差异等原因外，在我们的实验中，青饲料较多也是一个因素，青饲料含有较多的维生素等，增加了猪对棉酚的耐受能力。因此，在采用棉籽饼粕喂猪时，有条件的地方，应多喂一些青饲料。

用棉籽饼粕喂猪，游离棉酚在猪体蓄积情况如何，关系到肉产品能否供人安全食用的问题。为此，我们对各组试验猪进行了猪肉、猪血等游离棉酚含量的测定，并对饲喂游离棉酚含率最高的第五组的 5 猪若干内脏器官进行了化验，化验方法见附件一。结果分别列于表 1—2、表 1—3 和表 1—4。

表 1—3 各组试验猪肉、血中游离棉酚含量

组别	猪号	喂 食 情 况	肉中游离棉酚 (%)	血中游离棉酚 (%)
二	2	33% 浸出粕喂食一年	0.0003	0.0002
三	4	33% 200 型机榨饼喂食一年	0.0004	0.0001
四	6	45% 浸出粕喂食一年	0.0006	0.0002
五	5	45% 200 型机榨饼喂食一年	0.0003	0.0004

表 1—4 5 猪试验猪内脏器官游离棉酚含量

组 别	喂 食 情 况	器官中游离棉酚 (%)				
		心	肾	脾	胃 (洗净后)	肠 (洗净后)
五	45% 200 型机榨饼喂食一年	0.0023	0.0023	0.0008	0.0005	0.0005

综合表 1—2、表 1—3 和表 1—4 情况看来，用棉籽饼粕喂猪，游离棉酚在猪体尤其是在肉中积累很少，即使是在 200 型机榨棉饼占猪日粮 45% 的组，在猪体内最易积累棉酚的器官—肝中，游离棉酚的含量也只有 0.0099%。根据我国卫生部 1978 年颁布的全国食用油标准中，游离棉酚含量为 0.03% 的规定；美国食用棉仁粉所定游离棉酚为 0.06% 的标准等，考虑到在食用时烹调过程中，游离棉酚含量会进一步下降，所以，用棉籽饼粕育成的猪，其肉、血、脏器皆可供安全食用。

二、棉籽饼粕去毒喂猪

实验证明，棉籽饼粕中过量的游离棉酚可以对猪产生毒害，甚至引起死亡。目前，我国每年有半数以上（约23亿斤）棉饼是土榨棉饼，由于制油工艺中缺少高水分高温蒸煮过程，榨机温度亦较低，这类棉饼中游离棉酚的含量远比200型机榨饼（0.08%左右）、200型预榨浸出粕（0.065%左右）为高。湖北省天门、沔阳地区的土榨棉籽饼中游离棉酚的含量一般在0.2—0.4%左右。为了充分利用这些土榨棉籽饼资源，发展农村的养猪事业，必须找出较好的去毒方法，对土榨棉饼进行去毒处理，以达到安全喂猪的目的。

（一）几种去毒方法及效果

1. 硫酸亚铁水溶液浸泡法

据研究，游离棉酚与某些金属离子能“螯合”，使其游离醛基及其邻位羟基失活，成为不易被动物消化吸收的复合物，丧失其毒性作用。 Fe^{++} 与棉酚的复合物十分稳定，PK值7.6，在溶液里的离解非常轻微。山东中草药避孕研究协作组，用放射性 Fe^{59} 与棉酚的复合物灌食动物，作过在兔、大鼠体内棉酚— Fe^{59} 分布与排泄的研究。灌食棉酚— Fe^{59} 后，兔子24小时从粪便排出20.97%，48小时排出53.74%，72小时排出84.43%；大鼠24小时从粪便排出24.52%，48小时排出87.65%，72小时排出89.07%。在它们的粪便中未发现分解出游离铁离子，在尿中亦无 Fe^{59} 。上述实验证明，铁与棉酚形成的复合物非常稳定，这种复合物在动物体内是难于被消化吸收的，因此能较快地被排出体外。考虑到硫酸亚铁可以内服用作补血剂，又能作自来水的澄清剂，所以用硫酸亚铁作为一种棉饼去毒剂是适宜的。方法是：用冷水把硫酸亚铁配制成水溶液来浸泡棉饼。如用1%硫酸亚铁水溶液浸泡时，将二斤半硫酸亚铁溶于250斤冷水中，用来浸泡100斤粉碎了的棉籽饼粕，浸泡过程搅拌几次，经一昼夜，连水一起喂猪。硫酸亚铁水溶液的浓度按需要随用随配，浓度计算依上推算。由于硫酸亚铁受潮后易起变化，对去毒效果有影响，故应放置干燥处保存。

2. 水煮沸法

据研究，在水中棉籽色腺体破裂，释放出的游离棉酚在较高温度下，可与蛋白质中的氨基酸及糖、磷脂等起作用，形成“结合棉酚”，不易被动物吸收，从而减少对动物的毒性。将粉碎的棉籽饼粕加适量水煮沸，不时搅拌，保持沸腾半小时，冷后喂猪。

3. 703粉发酵法

703发酵粉是天门、沔阳地区广泛使用的一种饲料发酵粉，属低温发酵。将100斤混合饲料（部分棉饼及其他饲料）加150克703发酵粉，加水拌匀至手捏成团、一丢即散时，松松地装入缸里，用塑料薄膜封口，加盖麻袋保温，经1—4天，有酒香味时喂猪。

4. 日晒夜露法

粉碎过的棉籽饼粕选择晴天（本试验在夏天），晒三天露两夜。

对上述去毒方法，在实验室进行了去毒效果测定，测定方法见附件二。去毒效果列入表1—5。

表1—5

实验室测定几种去毒方法的去毒效果

饼粕种类	原始含毒率 (干基游离棉酚%)	去毒方法	残毒率 (干基游离棉酚%)	去毒效果 (%)
土榨饼	0.291	2%硫酸亚铁法	0.0133	95.4
土榨饼	0.234	1%硫酸亚铁法	0.0294	87.5
土榨饼	0.268	0.5%硫酸亚铁法	0.0654	75.6
土榨饼	0.241	水煮沸法	0.0590	75.5
土榨饼	0.237	703粉发酵法	0.200	15.7
土榨饼	0.247	日晒夜露法	0.247	0
200型 机榨饼	0.0715	0.5%硫酸亚铁法	0.0316	55.8
浸出粕	0.0673	0.5%硫酸亚铁法	0.0365	45.7
浸出粕	0.0673	2%硫酸亚铁法	0.00676	90.0

硫酸亚铁法去毒效果很好,对于土榨饼,不同浓度的溶液去毒效果从75%到95%。硫酸亚铁法对不同工艺的棉饼游离棉酚去除效果不同,原料含毒愈高,解毒率愈高。水煮沸法也有较好的效果,去毒可达75%左右。703粉发酵法效果不显著,日晒夜露法未见效果。

5. 制油过程高水分蒸炒去毒

去毒原理同水煮沸法。通过高水分蒸炒棉籽胚,在制油工艺中进一步降低棉籽饼粕游离棉酚的含量,可保证棉籽饼粕更安全的喂猪。试验在沔阳油厂进行。该油厂是200型预榨浸出制油的工艺,蒸炒工序除200型榨机上的炒锅外,还有两台(共七层)辅助蒸锅。试验情况如表1—6。

表1—6

高水分蒸炒与通常蒸炒的比较

工艺情况	气压 (公斤/厘米 ²)	料胚 水分 (%)	蒸炒 时间 (分)	1° 蒸锅 出口温度 (°C)	2° 蒸锅 出口温度 (°C)	入榨 温度 (°C)	入榨 水分 (%)	游离棉酚含量 (%)			
								生胚	入榨胚	机榨饼	浸出粕
常规蒸炒	6.0左右	17左右	110	97左右	107左右	115左右	4左右	1左右	0.1以上	0.08左右	0.065左右
高水分 蒸炒	6.5以上	23	165	102左右	112以上	122以上	3—4	1左右	0.07	0.05~0.06	0.04~0.05

在供电、供气正常的情况下,高水分蒸炒曾取得游离棉酚含率低于0.04%的机榨饼、浸出粕。

(二) 去毒喂肉猪试验

试验在沔阳油厂、天门油厂同时进行,沔阳试验猪系长白—约克杂交后代,天门试验猪系约克—本地猪杂交后代。试验前经去势、防疫、驱虫。两地试验结果相符,沔阳试验基本情况见表1—7。

饲养结果与实验室测定的去毒效果相符,用去毒效果差的方法处理的棉籽饼喂猪,先后出现了中毒症状,剖检可见不同程度的病变;用去毒效果好的方法处理的棉饼喂猪,肉猪生长正常,剖检无病理变化。

表1—7

棉籽饼粕去毒喂猪试验情况

组别	棉籽饼粕种类	饼粕游离棉酚(%)	饼粕占日粮(%)	去毒方法	猪日粮残留游离棉酚(%) (计算)	试喂时间	八个半月平均日增重 (斤/头·日)	生长情况	剖检、化验结果
第一组	土榨饼	0.247	20	1%硫酸亚铁水浸泡法	0.0062	一年零二个月	5头平均 0.47	生长良好, 未见任何中毒反应。	剖检正常, 喂一年零二个月的肝残毒0.0043%。停喂棉籽饼一个月后, 肝残毒降至0.0011%。
第二组	土榨饼	0.247	20	水煮沸法	0.012	八个半月	5头平均 0.45	生长良好, 未见中毒反应。	剖检正常, 喂八个半月肝残毒0.0060%, 停喂一个月, 降至0.0014%。
第三组	土榨饼	0.247	20	703粉发酵法	0.041	一年零二个月	4头平均 0.49	八个半月内未见中毒反应, 一年左右时, 吃食不欢, 增重减慢。	剖检见肾有轻度水肿, 喂一年零二个月肝残毒0.0083%。
第四组	土榨饼	0.247	20	日晒夜露法	0.049	八个半月	5头平均 0.48	半年后有轻度呼吸困难, 呛咳等症状。	剖检见肾有轻度水肿, 脾边缘有小丘状出血点等变化, 喂八个半月肝残毒0.0053%。
第五组	土榨饼	0.247	20	不去毒	0.049	一年零二个月	4头平均 0.47	八个半月前有轻度呼吸困难, 其后食欲减退, 呼吸困难, 口淌涎水, 增重减慢。	剖检见肾轻度水肿, 脾边缘有小丘状出血点。病理切片: 肝细胞肿大, 胞核消失, 肝索断裂, 肝小叶中央局灶坏死。喂一年零二个月肝残毒0.0086%。
第六组	工浸艺出粕去毒	0.046	50	直接加水喂猪	0.023	十个月	十个月 4头平均 0.55	生长良好, 未见中毒反应。	剖检正常, 喂十个月肝残毒0.0026%。

1. 土榨棉饼由于游离棉酚含量较高, 以占总饲料20%的比例喂猪, 游离棉酚在日粮中的含率即达0.04%以上, 超过有关资料和我们实验条件下的安全限量, 饲喂半年即发生了中毒症状, 剖检及病理切片观察, 均见明显病变。实验说明, 农村土榨棉饼喂猪, 必须进行适当的去毒处理。

2. 日晒夜露法去毒没有效果, 703粉发酵法虽有点去毒作用, 但效果欠佳。用这两种方法处理的土榨棉饼喂猪, 半年后先后出现中毒症状, 内脏可见病变。

3. 水煮沸法去毒效果较好, 由于游离棉酚大量减少, 猪生长正常, 未见中毒症状。但此法对蛋白质营养价值有所降低, 猪增重较慢, 并需较多燃料。

4. 制油工艺去毒所得浸出粕(游离棉酚为0.046%), 我们用高达50%的饲料比例进行试验, 也未见中毒反应, 猪生长正常, 增重较快。十个月肝中游离棉酚含量仅为0.0026%。这再次证明, 机械化油厂生产的棉籽饼粕, 由于游离棉酚含量较低, 以一定比例配合其他饲料应用于养猪业无须去毒也是安全的。

5. 硫酸亚铁水溶液浸泡法效果较理想, 去毒好, 饲喂效果也好。饲喂一年零二个月后, 试验猪也无任何中毒反应, 解剖检查未见棉酚中毒病变, 游离棉酚在肝中含量为0.0043%, 大大低于不去毒组、703粉发酵组、日晒夜露法等组。我们将硫酸亚铁法扩大到社队农场试验, 即使土榨棉饼占猪日粮的比例为40%, 猪子也生长良好, 未出现任何中毒症状。天门县渔薪公社新建大队五队, 用1%硫酸亚铁水溶液处理含游离棉酚0.211%的土榨棉饼, 按猪

日粮40%的比例，搭配青粗饲料试喂小猪35头，小猪起始重量平均头重15斤，喂至200天，平均每头重120斤，日平均增重0.53斤，经剖检未见棉酚中毒症状。该队采用同样方法，对8头平均80斤重的猪，日喂五餐进行催肥，两个月平均每头重180斤，日平均每头增重1.6斤。沔阳九合垸原种场，用1%硫酸亚铁水溶液将土榨棉饼浸泡处理。按猪日粮20%（另加20%玉米粉）作精料，对11头猪试喂一个月，平均每头每天增重1.06斤，未见中毒变化。天门县新堰公社联丰一大队九队，用硫酸亚铁水溶液浸泡200型机榨饼，对育肥期猪进行快速育肥，棉饼占猪日粮30%，进行了两期试验，第一期试验，平均每头日增重1.47斤，第二期试验，平均每头日增重1.7斤，对试验猪进行了剖检，没有发现棉酚中毒变化。与此同时，天门县不少社队试用了棉籽饼硫酸亚铁去毒喂猪，都得到了良好的效果。试验及生产实践证明，硫酸亚铁法是对棉籽饼去毒的一个有效的方法，可在生产中应用。

在我们的实验中，尤其是在农村社队的扩大试验中，往往使用较大的硫酸亚铁用量，这是鉴于当地农村对用棉饼喂猪存有疑虑，若出差错会影响棉饼喂猪试验的正常进行和今后的推广工作。至于硫酸亚铁的一般用量，一些资料认为是棉饼中游离棉酚含量的五倍（硫酸亚铁：游离棉酚=5:1）。我们认为，这个数量关系在不同的情况下不是一成不变的。硫酸亚铁的用量应根据不同饲养条件下，游离棉酚对猪的致毒限量酌情而定。当游离棉酚含量在致毒限量之下时，硫酸亚铁就可以不用；在致毒限量之上时，则加适量的硫酸亚铁进行处理，把游离棉酚降至致毒限量以下。

在棉籽饼粕不去毒喂猪及随后的试验中看出，一旦停喂棉籽饼粕，蓄积在猪体内的游离棉酚可由体内自然排出体外，从而减少棉酚对猪的毒害，故在用棉籽饼粕喂猪，因用量过大或去毒方法不当引起猪中毒时，立即停喂棉籽饼粕，改喂其他饲料，并尽可能多添加青饲料，可使猪的中毒症状缓解并恢复正常。依据上述事实，在硫酸亚铁一时缺乏，燃料也不充足的地方，严格控制好棉籽饼喂饲比例，喂一段时间棉籽饼，再改喂一段时间的其他饲料，进行棉籽饼间隔喂养，也是一个办法。

三、浸出棉籽粕去毒喂公、母猪试验

棉籽饼粕所含游离棉酚影响雄性动物生育能力，严重者乃至不育，母猪连续大量食入，可引起妊娠母猪流产或早产。为了让棉籽饼粕也适于饲养公、母猪，我们试用硫酸亚铁去毒饲喂公、母猪，进行了生育情况的初步观察。所用棉籽浸出粕含游离棉酚0.065%，用2%的硫酸亚铁水溶液浸泡处理，按猪日粮30%比例作为精料饲喂，试验猪系自留长白—约克杂交后代，实验自1975年7月28日至1976年9月25日。试验结果表明，公、母猪都具有正常的生育能力，试验情况列于表1—8、表1—9。

试验结束时，对2*公猪、3*母猪进行了解剖检查和化验，均未发现棉酚中毒病理变化，生殖系统发育正常。对其进行病理切片观察，也未见异常，肝中游离棉酚含量很低：2*公猪为0.0005%，3*母猪为0.0009%。实验说明，经2%硫酸亚铁水溶液浸泡处理的棉籽浸出粕饲喂公、母猪，在一年零两个月的试验期内，未发现对公、母猪的生育能力有不良影响。试验公、母猪繁殖的后代，在断奶后继续用棉籽饼饲喂，在整个生长期（十个月），它们生长良好，每头平均日增重0.55斤，剖检一切正常，游离棉酚在肝中的含量为0.0026%，证明公、母猪试验对后代未带来不良影响。由于条件限制，工作粗浅，如何解决棉籽饼粕喂公、母猪的问题，尚须进一步地探讨。

表1—8

试验公猪配种情况

猪 号	初 始 重 量 (斤)	配 种 期	配 种 情 况			
			配种母猪数	怀胎母猪数	产仔母猪数	母猪产仔数
1	74	1975年10月 —1976年6月	15	15	15	139
2	9	1976年4月 —1976年9月	25	25	22*	202

* 一头情况不明，二头因其他疾病死亡。

表1—9

试验母猪生育情况

猪 号	受 孕 日 期	怀 胎 次 数	产 仔 数	备 注
1	1975年10月28日 1976年5月26日	2	15	试验公猪配种
2	1976年1月10日	1	7	外来公猪配种
3	1976年3月3日	1	8	试验公猪配种

四、棉饼猪粪的肥效

广大棉区习惯用棉籽饼粕下田作肥料，人们担心棉籽饼粕喂猪“长了猪的肉膘，少了田的肥料”，对棉饼猪粪的肥效如何甚为关心。对此，在天门县东方红一队和沔阳县黄荆一队，用50斤棉籽饼粕作精料搭配青料粗料喂猪所收的猪粪与100斤棉籽饼粕直接下田作肥料，进行了棉田肥效对比试验。试验结果见表1—10。

表 1—10

棉饼猪粪与棉籽饼粕直接作肥料棉花产量比较

(皮棉斤/亩)

时 间	地 点	喂棉饼的猪粪	200 型机榨 棉 籽 饼	浸出棉籽粕	土榨棉籽饼
1974年	沔阳县黄荆一队 天门县东方红一队	216.0	189.1	187.5	—
		198.4	147.1	171.3	—
1975年	沔阳县黄荆一队	199.1	189.6	181.6	176.9

事实证明，棉饼猪粪比棉籽饼粕直接作肥料好，提高了棉花产量。更重要的是，用棉籽饼粕喂猪，解决了猪的精饲料，促进了养猪业的发展，猪多肥多，又有利于粮棉生产。不少社队进行了自己的试验，认识到这个关系，社员们高兴地说：“棉饼喂猪真正好，省粮省钱好饲料，还能增加好肥料，促进粮棉超《纲要》”。

五、结 语

1. 棉籽饼粕营养丰富，蛋白质含量高，是喂猪的一种好饲料，如广泛利用，将有利于养猪业的发展。但因棉籽饼粕中会游离棉酚等有毒物质，超过一定数量会引起猪中毒，严重时甚

至导致猪的死亡。在我们的实验条件下,猪日粮中游离棉酚含量超过0.026%时,长期连续饲喂会引起猪中毒。故用棉籽饼粕作猪饲料时,一定要考虑它在猪饲料中所占比例和去毒问题。

2. 机械化油厂生产的200型机榨棉饼和浸出粕,因经较长时间高温蒸炒工艺过程,一般含游离棉酚率较低,用这种饼粕喂猪,如在猪日粮中的比例不超过30%时,可以不经去毒直接喂猪。在饲料工厂生产的混合饲料中,可以以适当比例加入这类饼粕。

3. 农村土法生产的棉籽饼,因缺乏适当的蒸炒工艺过程,一般游离棉酚含量较高,一定要经过适当方法进行去毒后方可喂猪。经过试验证明:这类棉籽饼用0.5—1%硫酸亚铁水溶液浸泡去毒后,按20%的比例搭配喂猪,生猪生长良好;农村试验点按40%的比例搭配喂猪,喂了200天,从小猪育成商品猪,也未出现中毒症状。但棉籽饼饲喂比例过高,营养有浪费,是不经济的。

4. 通过几种去毒方法的试验对比,以硫酸亚铁水泡法为最好,成本低、效果好、使用方便。水煮沸法也有较好的去毒效果,在硫酸亚铁缺乏、燃料充足的地方,也可以采用。用这两种去毒方法去毒后的棉饼,不仅可以喂大猪、中猪、也可以喂刚断奶的小猪。而703粉发酵法及日晒夜露法去毒效果差,不宜采用。

5. 200型预榨浸出棉籽粕经2%硫酸亚铁溶液去毒后,按猪日粮比例30%以下标准喂公、母猪,在我们一年多的试验期内,没出现任何不良的情况,公、母猪都有正常的生育能力,所产的仔猪也生长正常。但试验较粗浅,如何应用各类棉籽饼粕安全地喂养公、母猪,有待进一步试验。

6. 棉籽饼粕喂猪,如因饲喂比例或去毒方法不当而引起中毒时,可在症状出现的早期(即有厌食、大便干结等症状时),立即停喂棉籽饼,改喂其他饲料,并多补充青饲料,以自然排毒、缓解,待恢复正常后,再注意使用正确的方法,继续饲喂棉籽饼粕。

7. 棉籽饼粕育成的猪,经化验,在猪肉、血及内脏中游离棉酚含量甚微,故其肉、血、内脏等均可供安全食用。

8. 试验证明,以棉籽饼粕作精料,搭配青粗饲料喂猪后的猪粪,比棉籽饼粕直接下田的肥效大。因此,用棉饼喂猪,既有利于养猪业的发展,又有利于种植业,能做到猪多、肥多、粮棉丰收。

在研究工作中,承蒙华中农学院,武汉医学院、湖北省医药工业研究所、沔阳县兽医站、天门县兽医站、沔阳县汉江公社黄荆一队等单位大力支持,谨致谢意。

附件一 猪肉、血、内脏中棉酚的测定

(一) 游离棉酚的测定

1. 试剂与标准曲线制备

(1) 苯胺:分析纯。苯胺加少量锌粉重蒸馏二次(最好是真空蒸馏),收集183—185°C范围之馏分(蒸出之苯胺接近无色),置冰箱中保存备用。

(2) 乙醚:分析纯。用蒸馏水配制10%硫酸亚铁(分析纯)溶液;在分液漏斗中放入120毫升乙醚,加入30毫升10%硫酸亚铁溶液,剧烈振摇3—5分钟,放置分层后,放去硫酸亚铁溶液层,用蒸馏水将乙醚振摇洗涤二次(放置分层,放去水层),如用碘化钾水溶液检查乙醚已不显黄色,即加无水硫酸钠放置一、二天除水,然后以水浴加热将乙醚重新蒸馏,收集脱除过氧化物的乙醚备用。

(3) 95%乙醇: 应脱除醛类。将硝酸银 2 克, 氢氧化钠(分析纯) 4 克分别溶于少量蒸馏水后, 一起倾入 1 升 95%乙醇中, 振摇均匀, 放置 1—2 天, 将上层清液倾出进行蒸馏, 收集的即为 95%脱醛乙醇。

(4) 溶液 A: 95%乙醇 1000 毫升, 加 0.2 毫升冰醋酸。

(5) 溶液 B: 95%乙醇 715 毫升, 加蒸馏水稀释。至 1000 毫升, 加 200 毫升乙醚和 0.2 毫升冰醋酸。

(6) 溶液 C: 95%乙醇 1000 毫升, 加 200 毫升乙醚, 再加 0.2 毫升冰醋酸。

(7) 助滤剂: 采用助滤剂 CELITE 545。每 100 克助滤剂 CELITE 加 50 毫升浓盐酸和 600 毫升蒸馏水煮沸 15 分钟, 用布氏漏斗过滤, 然后用蒸馏水洗涤。再照上述方法重复处理一次后, 用蒸馏水洗涤至无氯离子, 干燥备用。

(8) 玻璃沙: 粉碎至过 20 目筛后, 经酸碱处理, 洗净烘干。

(9) 标准曲线的制备: 准确称取纯棉酚 0.025 克溶解于 10 毫升乙醚中, 用溶液 C 在 100 毫升容量瓶中稀释至刻度, 摇匀。用移液管正确吸取 10 毫升于 100 毫升容量瓶中, 仍用溶液 C 稀释至 100 毫升, 摇匀。然后用移液管吸取 1 毫升、2 毫升、3 毫升、4 毫升、5 毫升各三份, 置于 25 毫升容量瓶中, 分别加溶液 C, 使每份体积为 5 毫升。每组三份中, 一份不加苯胺, 另二份加 0.5 毫升苯胺, 置 50—55°C 恒温水浴锅中加热 45 分钟, 待冷, 再用溶液 C 稀释至刻度。用 72 型分光光度计, 在 440 毫微米波长, 用 1 厘米比色杯, 以未加苯胺的溶液作空白, 测得吸收值。以吸收值作纵座标, 再将 25 毫升容量瓶中之棉酚含量(微克)作横座标, 绘制标准吸收曲线。

作标准曲线时用的标准棉酚其纯度的测定方法如下: 用精密天平准确称取 12—13 毫克的供试品, 在 25 毫升容量瓶中用少量氯仿溶解, 然后用氯仿稀释至刻度。取 1 毫升至另一 50 毫升容量瓶中, 再用氯仿稀释至刻度(相当 0.01 毫克/毫升左右, 即 0.001% 左右), 以溶剂作空白, 用 SP500 型分光计, 在 365 毫微米波长测定吸收值, 并计算出棉酚样品的百分吸收值 ($E\ 1\% \ 1\text{厘米}$)。文献报道纯棉酚的标准百分吸收值 [E] 0.001% 1 厘米为 0.399。将测得之 E 值与标准 [E] 值相比, 并按实际称重折算之浓度, 计算出棉酚样品之纯度。

2. 测定步骤

(1) 称取 5 克新鲜组织样品于小烧杯内剪碎(猪肝样品用小刀除去肝索状组织后取浆汁 5 克), 以 10 毫升溶液 A 和 6 毫升乙醚转入小磁钵内, 加 1 克玻璃沙, 进行研磨, 研磨至组织成匀浆液为止。此项操作应在冰水浴内进行。

(2) 振荡提取棉酚: 将研细的组织浆液以 10 毫升溶液 A 和 25 毫升溶液 C 冲洗转移至 250 毫升带塞三角瓶内, 并加入 6 毫米玻璃珠 50—60 粒, 放在振荡器上振荡 1 小时。

(3) 制作助滤层: 1.5 克助滤剂加 20 毫升 95%乙醇搅匀, 在直径 50 毫米的布氏漏斗上, 上置滤纸, 真空吸滤, 制成助滤层。

(4) 过滤: 振荡后, 在样品中加 2 克助滤剂, 搅匀后倾于上述布氏漏斗中吸滤, 然后分次加少量溶液 C 洗涤, 将游离棉酚洗净, 全部滤液不得超过 100 毫升。将滤液倾于 100 毫升容量瓶中, 用少量溶液 C 洗涤并稀释至刻度摇匀。因滤液中常有蛋白质一类物质沉淀析出, 影响分光光度测定, 故再用双层滤纸过滤于另一干燥洁净的 100 毫升容量瓶中。

(5) 苯胺反应: 用 15 毫升移液管正确吸取滤液子样三份, 分别放在 25 毫升容量瓶中, 一份为参照, 另二份加入 0.5 毫升新蒸馏苯胺, 置 50—55°C 恒温水浴锅中加热 45 分钟, 使棉

酚转化为二苯胺基棉酚显色，取出冷却，各加 2 毫升乙醚补充加热时的损耗，再加溶液 C 稀释至 25 毫升摇匀。

(6) 分光比色：用 72 型分光光度计在 440 毫微米波长用 1 厘米比色杯将上述加苯胺显色后的子样液以未加苯胺的溶液作空白，进行比色，所测得的吸收值，与用纯棉酚制得的标准吸收曲线对照，即得所测子样中棉酚量。

(7) 组织样品中游离棉酚含量的计算：

$$\text{游离棉酚含量 (微克/克, 即 } p.p.m) = \frac{r \times \frac{100}{15}}{G}$$

式中：r —— 以所测得的吸收值在标准曲线上查出相应的棉酚含量 (微克)；

100 —— 游离棉酚提取液稀释定容体积；

15 —— 提取液子样体积；

G —— 样品重量 (本试验中为 5 克)。

(二) 结合棉酚的测定

1. 试剂与标准曲线制备

(1) 苯胺：规格同前。

(2) 正己烷：沸点 67.4—69.3°C。

(3) 溶液 B：同前。

(4) 乙醚：同前。

(5) 标准曲线的制备：准确称取纯棉酚约 0.025 克溶解于 10 毫升乙醚中，移入 100 毫升容量瓶中，用正己烷稀释至刻度，摇匀。用移液管正确吸取 10 毫升，放入另一 100 毫升容量瓶中，加正己烷稀释至刻度，摇匀。然后用移液管正确吸取 1 毫升、2 毫升、3 毫升、4 毫升、5 毫升各三份于 25 毫升容量瓶中，容量瓶中分别添加正己烷 1—4 毫升，使全部溶剂不少于 5 毫升。一份不加苯胺，二份加入 0.5 毫升苯胺，在 50—55°C 恒温水浴锅中加热 45 分钟，冷却后，在各容量瓶中加入正己烷至 25 毫升，在 440 毫微米波长、1 厘米比色杯进行比色，读取吸收值。以吸收值作纵座标、棉酚含量为横座标，绘制标准吸收曲线。

2. 测定步骤

(1) 把测定游离棉酚后布氏漏斗中的残渣，置于表面皿上压碎，使成粉末状，连同玻璃珠一起转入 250 毫升具磨口玻塞的锥形瓶中。

(2) 加入 10 毫升左右溶液 B 湿润组织 (以达到组织全部湿润为度)，用移液管吸取 2 毫升苯胺，充分摇匀。

(3) 放入 50—55°C 恒温水浴锅中加热 45 分钟，中间摇动 2—3 次。

(4) 取出后放冷，用移液管正确吸取乙醚 5 毫升，正己烷 50 毫升加入锥形瓶中，然后将玻塞严密塞紧，再用纱布将瓶口扎紧，防止振摇时玻塞振动，置振荡机上剧烈振荡 1 小时。

(5) 用双层滤纸，将正己烷溶液过滤到 50 毫升容量瓶中，用 72 型分光计在 440 毫微米波长、1 厘米比色杯进行比色，以正己烷溶剂作空白，所得正己烷溶液的读数，与标准吸收曲线对照，即得组织中的结合棉酚含量。

(6) 组织样品中结合棉酚的计算：

$$\text{结合棉酚含量 (微克/克, 即 } p.p.m) = \frac{r \times \frac{67}{25}}{G}$$

式中: r ——以测得吸收值在标准曲线上查得相应棉酚含量;

67——提取结合棉酚所需溶剂总体积 (正己烷50毫升、溶液B10毫升、苯胺2毫升、乙醚5毫升);

25——因标准曲线是以25毫升子样体积的棉酚含量绘制的, 所以要除25乘67推算结合棉酚总量;

G ——样品重量 (本试验为5克)。

按上述算式计算出的游离棉酚及结合棉酚含量系样品湿基 (自然状态) 含量。如要计算干基含量, 需测定样品含水率后再行折算。

附件二 棉籽饼粕中游离棉酚测定方法

(一) 试剂

(1) 70%丙酮: 丙酮 (分析纯) 700毫升加蒸馏水300毫升混匀后使用, 不计其溶解体积变化。

(2) 95%脱醛乙醇: 脱醛方法同猪体组织棉酚测定中的方法。

(3) 苯胺: 分析纯。重蒸馏。见猪体组织棉酚测定法中的介绍。

(二) 测定步骤

(1) 样品粉碎: 通过40目/英寸为准。

(2) 称样: 生胚0.5克左右, 红车饼2克左右, 浸出粕3—5克左右, 土榨饼1克左右, 置带塞磨口三角瓶内。

(3) 提取: 加50毫升70%的丙酮, 瓶底布满玻璃珠, 振荡1小时 (用240次/分的康氏振荡器)。

(4) 过滤: 用标准玻璃漏斗, 单层滤纸。过滤时漏斗上盖以表面皿。

(5) 反应: 吸滤液三份于25毫升容量瓶中, 每份1—2毫升, 其中两份各加2毫升苯胺, 置50—55°C恒温水浴中反应45分钟。反应过程中摇动2—3次。

(6) 稀释: 反应后冷却至室温, 用95%脱醛乙醇稀释至刻度。

(7) 比色: 用72型分光计, 在440毫微米波长比色。以不加苯胺的样品作空白对照。测出加苯胺样品液的吸收值。

(三) 计算

(1) 标准曲线的制备: 准确称取0.025克纯棉酚置100毫升容量瓶中, 用70%丙酮水溶液溶解, 然后稀释至刻度。摇匀后用移液管准确吸取10毫升至另一个100毫升容量瓶中, 以70%丙酮稀释至刻度, 摇匀。然后用移液管分别吸取1毫升、2毫升、3毫升、4毫升、5毫升各三份, 置于25毫升容量瓶中, 以70%丙酮将每个瓶中的液体补足为5毫升。每一组三份样液, 其中一份不加苯胺, 另二份加入2毫升苯胺, 置于50—55°C恒温水浴中加热45分钟, 取出后冷却至室温, 用95%脱醛乙醇稀释至刻度。在72型分光光度计上, 440毫微米波长处, 用1厘米光径比色杯, 以未加苯胺的溶液作空白, 测出该组另外二瓶试液的吸收值 (光密度)。以吸收值为纵座标, 以25毫升容量瓶中所含纯棉酚的微克数为横座标, 绘出标

准曲线（如棉酚纯度不是100%，则应将每个棉酚微克数乘以纯度百分比后再绘制曲线）。

（2）计算：由分光计测出的样品液吸收值查标准曲线得出25毫升内棉酚含量（微克/25毫升），再按下式计算：

$$\text{游离棉酚含率}\% = \frac{25\text{毫升内棉酚含量(微克)} \times \frac{50}{a}}{\text{样品重量(克)}} \times 10^{-4}\%$$

式中 a 为吸量样品液的毫升数。

试验中发现，提取时的温度不同，对饼粕的游离棉酚测值有一定影响，振荡温度高，测值偏高；振荡温度低，测值偏低。因此，在测定饼粕的游离棉酚含率时，似应按温度—测值变化作出适当修正。

主要参考资料

- 〔1〕棉酚中毒的病理学 The American Journal of Pathology Vol 33 No.2
- 〔2〕棉籽饼去毒处理及喂猪试验报告 山东农学院牧医系，1961年
- 〔3〕关于棉籽饼作猪饲料的研究 中国农科院江苏分院，《江苏农学报》1966年第5卷第一期
- 〔4〕猪组织中游离棉酚和结合棉酚的测定 Journal of The American Oil Chemists Society 1965 Vol 42 No.2
- 〔5〕 C^{14} —棉酚在动物体内吸收、分布和排泄的研究 上海药物研究所等，1975年
- 〔6〕棉酚— Fe^{59} 在兔鼠体内分布与排泄 山东省中草药避孕研究协作组，1975年
- 〔7〕金属棉酚络合物的组成与稳定性的物理化学研究 I、Fe棉酚络合物 Journal of The American Oil Chemists Society 1966 Vol 43 No.7
- 〔8〕棉酚及其衍生物 (Госсипол и его производные) 1965年
- 〔9〕烧热病资料汇编 湖北汉川烧热病防治工作队，1972年
- 〔9〕国营长滩埠农牧场养猪队用棉籽饼喂猪引起大量流产及早产现象的调查 湖北省国营农场畜牧技术保育工作座谈会文件之二，1961年

第二部分 菜籽饼坑埋脱毒及脱毒菜籽饼喂猪试验

青海省畜牧兽医研究所 黄俊纯、林诚玉、王述容*

菜籽饼是芸苔属几种油料作物榨油后的副产品，含蛋白质32—36%，氨基酸比较完全，是很好的蛋白质饲料。对猪的消化能约为2880大卡/公斤，代谢能2700大卡/公斤，对鸡的代谢能为1760大卡/公斤。

油菜是我国的主要油料作物之一，菜籽饼产量很大。由于含有毒素，限制了菜籽饼作为蛋白质饲料的广泛使用。研究菜籽饼的脱毒方法，对扩大蛋白饲料来源有重要意义。

菜籽饼含硫葡萄糖甙，经芥籽酶水解后产生异硫氰酸盐和恶唑烷硫酮。有人认为还有腈和环硫氰^{〔1〕}、毒蛋白^{〔2〕}，单宁含量也高^{〔3〕}。硫葡萄糖甙对家畜是无毒的。水解后生成的

* 黄俊纯等三同志已调中国农业科学院畜牧研究所工作。