



无腺体棉育种 与棉籽利用

刘毓湘 吴中道 于绍杰 黄骏麒

戴以坚 李武斌等编译

2.03
33

农 业 出 版 社

无腺体棉育种与棉籽利用

刘毓湘 吴中道 于绍杰 等编译
黄骏骐 戴以坚 李武斌

农 业 出 版 社

无茎棉育种与棉籽利用

刘毓楠 吴中道 于绍杰 等编译
黄骏 戴以坚 李武斌

责任编辑 徐晖

农业出版社出版 (北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 北京市密云县印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 5.75印张 127千字

1988年2月第1版 1988年2月北京第1次印刷

印数 1—950册 定价 1.20元

ISBN 7-109-00113-X/S·79

编 译 说 明

近年来，我国曾多次派出棉花代表团到一些产棉国进行考察，带回了不少书刊资料，我们从中选译了十七篇有关无腺体棉花育种、推广与棉籽蛋白开发利用的文章，从不同角度介绍了无腺体棉花的遗传基础、育种程序，无腺体棉的病、虫、杂草防治、美国、埃及和象牙海岸等国无腺体棉育种及棉籽利用的经验与发展状况，无腺体棉籽粉制作食品、饲料等的营养价值及一些有关的试验资料。我们并对国外这方面的工作进展作了“棉籽蛋白利用与无腺体棉育种进展”的综述，可供从事无腺体棉花育种及棉籽加工利用的科技人员参考。

本书除了综述文章外，主要译自美国《无腺体棉花》(Glandless Cotton)一书，以及埃及亚历山大农学院和象牙海岸研究中心的研究报告，也还有一些选译自其他书刊资料。译校者有刘毓湘、乔海清、吴中道、于绍杰、黄骏骐、张存节、戴以坚、张方域、汪若海、邢以华、夏敬源、祝水金、刘正德、黄楦茂、任学笃、葛荫萱等。由刘毓湘选编和审校，李武斌承担了组译工作。在此谨对参与此书编译工作的全体人员致以热忱的谢意。

编 者

1984年6月

目 录

棉籽蛋白利用与无腺体棉育种进展 (综述)	1
无腺体棉	23
无腺体棉种的遗传基础和育种程序	34
无腺体棉花品种的遗传改良	39
抗病虫的无腺体棉育种	48
美国西部地区无腺体棉育种进展	65
美国西南部地区无腺体棉花品种特性和利用	70
从昆虫学观点评价无腺体棉的虫害防治问题	74
从农艺学观点评述无腺体棉的病、虫、杂草防治问题	79
埃及海岛棉无腺体棉花品种——巴蒂姆110	86
埃及无腺体棉花育种及棉籽蛋白利用	93
象牙海岸无腺体棉花育种及其应用的经济效益	102
棉籽色素腺对棉籽油的利用、储存及加工的影响	137
无腺体棉籽粉用作牲畜饲料的优越性	145
无腺体棉籽作为食用蛋白质利用的潜力	153
棉籽粉在食品制造中的价值	161
掺用棉籽粉以提高面包的营养价值	168
棉籽粉对小麦面团物理特性的影响	173

棉籽蛋白利用与无腺体棉育种进展（综述）

刘 毓 湘

种植棉花不仅可提供纺织纤维和优质食用油，而且，因为棉籽仁中富含食用蛋白，榨油后的棉仁饼粕含蛋白质高达50%左右，是一项可贵的高蛋白食品与饲料资源。世界年产棉籽28000—30000kt，每吨棉籽约可榨油150 kg，产棉仁饼粕或棉仁粉425 kg。全世界棉仁饼粕或棉仁粉的年产量约占世界蛋白质饲料供应量的50%左右。我国年产棉籽6000kt上下，1983年超过9000kt，棉仁饼产量达2880kt，但绝大部分仍只用作肥料，大量蛋白质尚未能有效利用。

棉籽蛋白利用受到限制的主要原因，是传统的栽培棉品种的种胚内布满色素腺体，内含一种高活性的多酚类化合物（ $C_{30}H_{50}O_8$ ），称为棉酚（gossypol）或棉毒素，对人和单胃动物有毒，食用后胃膜组织易受破坏，引起消化功能紊乱。故必须进行脱毒处理才可利用。

对棉籽中色素腺体及棉酚的研究，国外一些科学家自上世纪就已开始进行。本世纪二十年代以来，美国对脱毒工艺与棉籽蛋白的利用做了大量研究工作，并已取得成果。在美国南部植棉带、印度、秘鲁已设厂投产，批量供应脱毒棉籽粉，可作为高蛋白饲料或高蛋白营养食品原料。采用遗传手段培育棉籽中无色素腺体的品种，是从根本上解决问题的办法。自1954年美国首次发现并选育出无腺体品系以来，世界

许多产棉国均陆续积极开展这项研究。美国现已有成批无腺体品种在生产上推广应用。美国的这些无腺体棉花种质材料还被引到世界许多国家进行试种或作育种材料。埃及、乍得、象牙海岸也都选育出了自己的无腺体棉花品种，正在扩大种植推广。

我国无腺体棉花育种及棉籽蛋白利用研究，起步较晚，但近年来已有了较快发展。1982年已开始组织无腺体品系的全国联合区域试验，1983年棉籽品质育种已被列入国家攻关项目。湖南、河南、辽宁、湖北、上海、山东、浙江、江苏等省市均已开展无腺体棉育种工作，并且不少省区已有一些有希望的品系正在试种繁殖。河南、河北两省1983年无腺体品系试种繁殖面积就已在万亩左右，今后几年将会迅速扩大。

随着无腺体棉品种的应用，棉籽的经济价值也将不断提高。棉花正在逐步成为纤维、油料、蛋白三位一体的作物。

一、棉籽蛋白的利用价值

一般陆地棉棉籽重量的55—60%是棉仁，20—30%左右是棉籽壳，13%左右为短绒。棉籽及棉籽仁的组成成分在不同棉种和品种间有相当差异（表1、表2）。棉籽榨油后的产物脱脂棉仁粉，含蛋白质达43—50%，为小麦粉蛋白质含量的4—5倍，稻米的6—7倍，而且含有小麦、稻米以至大豆所欠缺的一些人体必需的基本氨基酸（表3、表4）。据分析，小麦中的赖氨酸、蛋氨酸，大豆中的蛋氨酸含量，均不能满足学龄儿童发育的营养要求。而棉籽富含蛋氨酸，虽然赖氨酸的含量稍低于大豆，但比小麦等谷类作物籽粒仍高出近两倍，并且与大豆同样富含色氨酸，与其他植物油料

饼粕相比也毫不逊色（表5、表6）。因此，当在小麦粉中掺入棉仁粉后，小麦粉的营养价值和生理效应得到显著提高。根据试验，用棉仁粉喂幼鼠，增重效应相当于小麦粉的4—5倍（表7）。

Baisley于1948年即已提出了棉籽用作人类食物的可能性问题。他阐述了棉籽是一笔巨大的高蛋白食物资源的根据和理由，指出棉籽既富含蛋白质，又富含B族维生素和谷类作物所欠缺的基本氨基酸。棉仁粉在制作饼干、点心等烘烤食品时，柔软松脆，具有良好的吸水力，贮存性能也稳定。

表1 不同棉种的种仁和种壳所占的重量（%）

棉 种 \ 部 分	棉 仁	棉 籽 壳
美国陆地棉	62.6—66.7	33.3—37.4
埃及海岛棉	63.0	37.0
非洲棉	62.9	37.1
亚洲棉	44.4	55.6

表2 不同棉种的棉籽成分（%）

棉 种 \ 成 分	水	脂 肪	蛋 白	游离氮 提取物	粗纤维	灰 分
陆 地 棉	7.04	27.35	19.16	24.56	23.43	3.28
海 岛 棉	8.05	19.71	20.96	31.44	15.31	4.53
埃 及 棉	12.36	23.16	19.23	22.14	16.90	4.04
非 洲 棉	11.54	22.46	18.87	23.52	19.90	4.34
亚 洲 棉	7.60	19.25	19.00	28.15	20.00	4.00

棉籽蛋白又可分为贮存蛋白和非贮存蛋白两类。非贮存蛋白起泡力强，而贮存蛋白有较强的胶着力。由棉仁粉提取的浓缩蛋白粉含蛋白可高达70—90%，加入各种食品，可以作为蛋白营养增强剂。

表 3 榨油后的棉饼粕和棉仁粉成分 (%)

部 分 \ 类 别	水	粗蛋白	粗脂肪	游离氮 提取物	粗纤维	灰 分
棉 籽 饼	10.1	23.5	6.4	31.5	21.7	6.9
	10.8	24.7	6.4	26.6	24.9	6.8
棉 仁 粉	10.0	43.0	16.0	15.8	8.0	7.2
	9.6	43.9	12.9	20.5	5.7	7.4

注：表1、表2、表3的资料来自Muller所著的“Cotton”一书。

表 4 棉仁粉与小麦粉的成分比较 (%)

成 分 \ 粉 别	棉 仁 粉	软粒小麦粉	硬粒小麦粉
水 分	9.69	12.16	13.30
粗 蛋 白	41.34	9.43	15.71
灰 分	8.11	0.83	1.03
粗 脂 肪	6.00	1.01	1.28
粗 纤 维	1.50	0.28	0.39
游离酸提取物	33.36	76.29	69.29

注：资料来自埃及亚历山大农学院学报。

表5 棉籽蛋白与小麦、大豆蛋白氨基酸含量比较及联合国粮农组织 (FAO) 所推荐的氨基酸含量标准 (g/100g蛋白质)

氨基酸	FAO 标准	去棉酚	无棉酚	小麦	大豆	对照 (酪朊)
赖氨酸	4.2	5.17	4.66	1.92	6.32	9.16
苏氨酸	2.8	3.50	3.31	2.23	4.02	4.24
缬氨酸	4.2	5.30	4.70	3.62	4.50	5.00
蛋氨酸	2.2	1.64	1.62	0.97	1.50	3.50
异亮氨酸	4.2	3.06	3.50	3.76	4.70	4.00
亮氨酸	4.8	4.66	5.94	5.80	6.00	9.22
酪氨酸	2.8	3.03	2.78	2.48	3.90	5.58
苯基丙氨酸	2.8	4.20	5.01	4.19	4.10	5.25
总含硫基氨基酸	3.4	4.20	4.10	1.40	2.50	4.70

注：资料来源同表4。

表6 棉籽蛋白与大豆、小麦蛋白质生理效应比较

蛋白质的来源和含量	体重增加 (g)	蛋白质生理效应 (增重/摄取量)
对照 (酪朊10%)	52.0	2.60
去棉酚 (脱毒)	48.1	2.20
无棉酚 (无腺体)	46.5	2.12
大豆	33.9	1.68
小麦	10.8	0.52
大豆5%+去棉酚5%	45.3	1.99
大豆5%+无棉酚5%	43.2	1.88
小麦5%+去棉酚5%	19.2	1.18
小麦5%+无棉酚5%	18.5	1.09

注：L.S.D₀₅ = 3.61

资料来源：埃及亚历山大农学院学报。

五十年代以来，美国在棉仁粉和棉籽蛋白的加工利用方面做了大量的研究工作。在新奥尔良南方地区研究中心和得克萨斯农业与机械大学中，都设有规模宏大的实验室，专门从事这方面的研究。他们用经过加工脱毒的有腺体棉籽或用无腺体棉花种子直接加工出来的棉仁粉，做成糕点、饼干、面包，油炸食品，以及人造奶粉、人造肉、烘烤五香棉仁等，都色味俱佳，并已占有的一些稳定的市场。在中南美洲，用棉仁粉混合玉米粉，加入少量酵母、奶粉和维生素等做成的食品，可治疗儿童营养缺乏症，如治疗“红孩病”（蛋白质不足引起）。这种病孩服用脱脂奶粉和棉仁粉混合制作的食品，浮肿症状4—7天就会消失。用小麦粉加20%的棉仁粉做油炸面包圈，耗油率可降低8%，蛋白质含量比纯面粉做的提高一倍。

据埃及研究，做面包时，加入5%的无腺体棉仁粉，不仅可提高面包营养价值，且因棉仁粉中仍含有一定油脂和较多蛋白质，具有束缚水分子的能力，使面包不易干缩变形，可延长上架时间；且可使面包具有鲜亮的金黄色，色味俱佳。用棉仁粉做油炸面包圈，可节省用油量。做通心粉时，掺入5—15%的棉仁粉，也有助于提高产量质量。产品中的蛋白质、磷、钙等的含量与掺入的棉仁粉量成正比（表7）。

表7 掺入不同比例棉仁粉时通心粉的化学成分变化

棉仁粉 (%)	水分	蛋白质	脂肪	粗纤维	灰分
0 (CK)	13.5	11.7	1.56	0.72	0.52
5	13.0	13.2	2.32	0.88	0.58
10	12.9	15.9	3.02	0.92	0.65
15	13.2	18.1	3.76	0.95	0.72

无腺体棉仁粉还可以适当比例（10%）掺入碎肉中做香肠；掺入25%做午餐肉、“热狗”、汉堡包等食品，它有助于团聚肉粒，吸收保持肉中油脂与汁液；并可加入奶制品（5—15%），制作人造奶油、蛋白饮料、冰淇淋等。做这类产品比大豆粉优越，主要是没有腥气，且有一种自然的香味，价廉物美，深受消费者欢迎。

用棉仁粉可以提取浓缩蛋白粉，含蛋白质可达70—90%以上。棉籽蛋白中的非贮存蛋白在较低的pH值下（酸性）溶解于水，起泡力强，因此，适宜做饮料蛋白增强剂。非贮存蛋白主要含有低分子蛋白质，易溶于水，可用磷酸溶液抽提。当磷酸溶液的pH为4时，棉仁粉中的还原糖以及可溶性物质均可溶于磷酸溶液内，经过滤、洗净、烘干，即为浓缩蛋白质。贮存蛋白则用氢氧化钠液提取，pH先为10，保温放置一段时间后，把不溶解的固体滤去，用磷酸稀溶液中和抽取液；当pH为6.8时，沉淀出来的蛋白质，即为贮存蛋白。

据美国一些营养学家和植物育种家估计，在今后五十年中，棉籽蛋白利用将会有大的发展，它将从现今还是新奇事物变为被人类广泛消费的蛋白资源。

二、棉籽腺体和棉酚

棉籽蛋白长期以来之所以未能广泛利用，主要是棉籽色素腺体中含有类萜烯类化合物。迄今已有的棉籽脱毒的物理或化学方法，均是以对棉籽内色素腺体及其内含物的研究为基础的。

用显微镜观察有腺体棉籽的剖面，可清晰地看到胚叶上

布满黑褐色卵形或球形斑点，直径100—400 μm （图1）。这种腺体是由一些溶生细胞构成的分泌腔，位于栅栏组织的下面。腺体内除了油脂和树脂外，还含有大量的色素物质，其中黄色素占其内含物的35—60%。1886年Longmore最先分析出来（Bailey, 1948）。1899年Мархлевский也从棉籽油下脚料中分离出这种物质。它的分子式为 $\text{C}_{30}\text{H}_{30}\text{O}_8$ ，分子量为518，熔点范围184—214 $^{\circ}\text{C}$ 。可溶于乙醚、丙酮、氯仿及碱溶液中，但不溶于水。纯棉酚为黄色结晶，因为它来自棉属和棉族植物，是棉属与棉族植物所特有的一种物质，并因它具有多酚性质，取这两个词（gossypium和polyphenol）的英文词首合并成一个新词“gossypol”，译为“棉酚”，俗称“棉毒素”。

棉酚又可分为两类：大部分用石油醚可以提取的，称为游离棉酚或自由棉酚（Free gossypol）；另有一小部分残留在组织中与蛋白质结合的，称为结合棉酚（Bound gossypol）。陆地棉籽中，一般游离棉酚占干仁重的0.85%左右，结合棉酚占干仁重的0.15%左右。游离棉酚有毒性，经加热或化学处理，可使它变成人和禽畜不能吸收的结合棉酚，从而消除毒性。但加热法会使蛋白质遭破坏，丧失营养价值，因此一般不能采用。棉酚还有多种衍生物，即棉酚紫色素、棉酚青色素、棉酚绿色素等，约占腺体内含物的0.05—30%。

棉籽中腺体的发育是随受精后胚的发育一起开始的，第16—18天的胚中，腺体已完全形成。此后8天，棉酚开始积累，在棉铃和种子的成熟期，即开花受精后第21—50天内，棉酚积累速度最快（K.S. Must, 1974）。

棉籽中所含色素腺体所引起的棉籽加工产品问题，主要是：（1）使棉籽油呈不受欢迎的黑褐色，需要进行精炼。

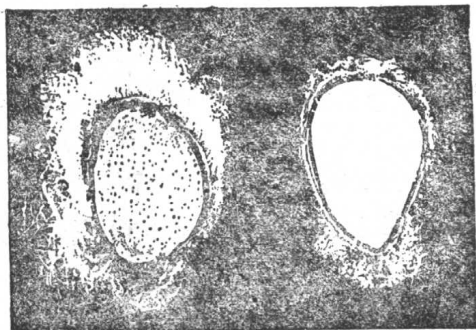


图1 有腺体和无腺体棉籽(剖面)

据Williams (1962) 计算, 美国每年用在有腺体棉籽油漂白工序上的花费达450—550万美元。主要是碱和能源的消耗。但据1949年Bailey 报道, 有95%以上的棉酚留在棉仁粉或饼粕中。引起棉油颜色不佳的, 主要是棉酚的其他衍生物, 如棉紫红素、棉青色素等。(2) 用有腺体棉籽榨油后的棉仁粉或棉籽饼做食品或饲料, 可使人或单胃动物中毒, 引起代谢机能紊乱, 动物的生长受到抑制; 用作鸡饲料, 可使蛋黄脱色。

为了解决棉酚的毒害, 最早进行棉籽脱毒研究的是美国, 以后印度、秘鲁等国陆续开始。脱毒的方法主要有:

(1) 用胺脱去棉酚。由King研究提出, 在高温煮棉籽饼时加入20%的十八烷酰胺 (Stearylamine), 可以使游离棉酚低于0.01%。做母鸡饲料时也没有不良反应。这是由于胺与棉酚中的醛基起作用。用苯胺和对-茴香胺 (P-anisidine) 的反应早就被用来测定棉酚。但它也会和棉仁粉中的赖氨酸作用, 降低它的活性。在用这种方法脱毒后的棉仁粉中, 加入0.5%的赖氨酸, 对饲喂家畜和禽鸟的营养价值就

可相当或超过等量大豆粉。棉酚和胺作用产生的苯胺、二胺和n-辛胺对禽畜无害，后者还有一定的营养价值。

(2) 加入一些金属盐类使棉酚失去活性。在早期研究中，把氢氧化钙加入棉籽饼喂鼠，老鼠表现生长正常。Bressam等指出，把氢氧化钙加入棉仁粉后，可降低游离棉酚和全棉酚。也曾有报道，采用铜和锌可以保护猪免受棉酚危害。

加入铁会使棉酚失去活性。五十年前，Withers和Brewster做喂兔试验时，发现铁能中和棉酚的不利作用。以后，对这种方法进行了大量的研究。在所有铁盐中，硫酸亚铁被广泛采用。还有柠檬酸铁、柠檬胺铁、草酸铁、硫酸胺铁、氯化铁等。除了氧化铁外，都有不同程度的作用。作用的机制是因为金属元素和毗连色素的羟基形成铁与酚的比例为1:1的化合物。也可能是由于对棉酚酮(gossypolone)的氧化。Eagle(1949)指出，采用327ppm铁盐，即可防止含有10%有腺体棉籽蛋白的鸡饲料对鸡蛋黄的脱色作用；如含21%的棉籽蛋白，就用1308ppm的铁。Rand研究确定，每吨棉粉加入1磅铁，也就是0.05%的铁，可消除0.5%棉酚含量水平的毒性。

(3) 通过棉籽加工进程脱毒。1948年以前棉籽榨油主要是水压法，以液体传送压力，产生顶压进行压榨。传送压力的液体往往用油剂，也称油压法。1950年以后，螺旋压榨代替了水压法，使用动力传动的自动连续作用的螺旋压榨机。

这两种方法可降低棉仁中全棉酚含量到0.7%左右。如果加工质量好，游离棉酚可以降低到0.02%。但由于温度高、压力大，蛋白质会变性，部分赖氨酸遭到固定，棉仁粉中的

棉酚虽然含量降低，但一部分蛋白质也被破坏，营养价值降低。后来改用预压缩溶剂法，即在棉仁压坯后，用螺旋压榨机压出约 $\frac{1}{2}$ 的油，然后对棉饼采用溶剂来抽提残油。此法可将油脂和棉酚同时提取，饼粕中的棉酚大为降低，加工出来的棉仁粉质量较好。

近年来，美国采用液体旋风加工法，把棉仁碾碎，置于己烷中调成浆状，倒入液体旋风分离器中，借离心作用使棉仁浆中大颗粒沉于底部。大颗粒中棉酚较多，可做饲料。顶部的细颗粒含65%的蛋白质。棉酚的含量可降至0.3%，游离棉酚可降至0.04%。

(4) 溶剂抽提法（或称萃取法）。把棉仁压坯后，直接用丙酮浸出，油脂和棉酚同时提取，所剩棉粕中含棉酚在0.03%以下，总棉酚量在0.5%以下。如用丙酮水溶液浸提，可浸出全部棉酚和大部分磷脂、糖类和游离脂肪酸，但不能浸出油脂。因此，一般先用70%的丙酮水溶液浸去棉酚；料坯干后，再用己烷浸出油脂。或先用己烷浸出油脂，再用70%丙酮水溶液浸出棉酚。也有使用混合溶剂的。如用85%轻汽油加15%丙酮混合液，或己烷：丙酮：水=54：33：3（体积比）煮沸液，同时浸去棉酚和油脂，可使棉粕中的游离棉酚降到0.02%以下，简称AHW法。其沸液的沸点为48—50℃。在这种低温下，很容易除掉棉粕中的溶剂，同时回收的溶剂与原溶剂相同，便于循环使用。由于绝大部分棉酚随油脂进入溶剂，棉粕已脱毒，可作为制作食品的原料。但由于溶液成本、气味问题、混合溶剂的一些技术问题尚未完全解决，故这种方法尚未达到商品生产的规模。

上述对有腺体棉仁饼粕或棉仁粉的人工脱毒方法，虽可使部分棉籽蛋白获得利用，但它们共同存在的短处是：均要

有一定的资金、能源和人力时间上的耗费，往往还需要有相当规模的设备条件。同时，用化学溶剂、有机溶剂进行处理后，残存的气味和色泽往往降低了棉仁粉的食用价值。因此，人工脱毒法在实际应用上是受局限的。利用棉籽蛋白，公认的最经济有效的途径，是选育和推广棉籽中无色素腺体，从而使棉籽中的游离棉酚含量近于零的品种。

表 8 不同加工方法所生产的棉仁粉棉酚和氮素含量比较

加工方式	自由棉酚 (%)	全棉酚 (%)	全氮 (%)	在0.02mol NaOH中溶 解的氮素(%)
慢速螺旋压榨	0.02—0.09	0.71—1.41	5.9—7.3	36—63
快速螺旋压榨	0.02—0.08	0.75—1.38	5.5—6.9	28—41
水力压榨	0.09—0.34	1.00—1.38	5.7—7.1	66—75
溶剂提取(直接)	0.24—0.40	1.06—1.08	6.6—6.7	69—83
预压溶剂法	0.03—0.08	0.93—1.64	6.2—7.5	61—74

资料来源：印度K.S.Murti; K.T.Acbaya, 1974, «Cotton Seed Chemistry and technology».

三、无腺体棉花品种的选育

无腺体棉花品种选育的作用，是通过遗传育种手段，消除棉籽中的色素腺体，从根本上使棉籽仁中的棉酚含量接近于零。这样就可大大简化榨油工艺，不需要精炼漂白就能生产出清静明亮的优质食用油；而且棉籽仁、棉仁粉、棉籽饼粕不需进行脱毒处理，就可以成为人畜直接食用的优质蛋白营养品。

(1) 育种进展：美国最早开始无腺体棉的育种研究。