

高等财经院校试用教材

肥料商品学



中国商业出版社

高等财经院校试用教材

肥料商品学

《肥料商品学》编写组编

中国商业出版社

内 容 提 要

本书较为系统地介绍了植物营养基本原理、各种化学肥料（包括氮肥、磷肥、钾肥、复合肥、微量元素肥料和钙镁硫等次要营美元素肥料）的生产原理和工艺流程、理化性质、施入土壤后的转化以及对土壤性质的影响、合理施用方法。特别是对它们的质量标准和包装储运要求，专门作了较为详尽的介绍。此外，对商品肥料的发展概况以及随着工农业生产的发展而出现的某些有机肥料如腐植酸类肥料、菌肥、加工家禽粪、饼肥、食品发酵工业废弃物等，虽目前尚未作为肥料商品投入市场，但因其应用广泛或涉及环境保护，也作了一定的介绍。书末附有化肥定性检验方法、氮肥不同施法的挥发损失、磷肥固定以及营养诊断方面的实验内容。

高等财经院校试用教材

肥 料 商 品 学

《肥料商品学》编写组 编

*

中国商业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京顺义县印刷厂印刷

•

787×1092毫米 32开 17.75印张 398千字

1984年12月第1版 1987年5月北京第2次印刷

印数20,001—20,800册

统一书号：4237·123 定价：2.40元

编 审 说 明

本书是根据一九七九年八月全国高等财经教育工作会议制订的教材编写规划的要求，在商业部教育司、农业生产资料局的组织领导下编写的。书稿经过多次讨论与修改，经我们审定，可以作为高等财经、财贸等院校有关专业的试用教材，也可作为财经、财贸中专与干校的教学参考用书。

本书由吉林农业大学主编。参加编写的单位及人员有：吉林农业大学蔡元定、汤凤冈、夏希贤、夏立恒，天津财经学院田桂林、姜秀廷、李忠亮同志，山西财经学院张凤科同志。最后，由汤凤冈、夏立恒对全书作了总的修改与调整，商业部农业生产资料局进行了全面审阅。

在编写本书过程中，沈阳农学院王方维教授，浙江农业大学孙羲教授，南京农学院裴保义教授，北京农业大学毛达如副教授，北京市农业科学院黄德明副研究员，商业部农业生产资料局汤传璞副处长，上海市化工研究院王乃强工程师，北京市农业生产资料公司王正成同志，黑龙江省农业生产资料公司符学卿工程师，湖北省农业生产资料公司程励治助理农艺师，上海市农业生产资料公司赵海峰工程师，广东省农业生产资料公司邓伟雄工程师，四川省重庆市农业生产资料公司任晓松农艺师，吉林省农业生产资料公司刘淑屏助理农艺师等，先后对书稿提出了许多宝贵意见。吉林农业大学周祖澄副教授、杨金讲师对书稿中的一些重要章节作了审阅。董连朋同志为本书绘制了部分插图。对此，我们一并表示感

谢！

由于《肥料商品学》作为高等院校教材还是首次编写，而编者学识有限、经验不多，尤其对其体系体会不深，难免有错误和不妥之处。热忱地希望采用这本教材的师生以及商品学、农业化学界和农业生产资料经营部门的同志们多提宝贵意见。

中华人民共和国商业部教材编审委员会

一九八三年七月

目 录

绪论	(1)
第一章 植物营养与施肥的理论基础	(18)
第一节 植物的组成及其营养成分	(19)
第二节 植物对养分的吸收	(25)
第三节 植物的营养特性与施肥	(45)
第四节 植物对养分的吸收与环境条件的影响	(51)
第二章 氮 肥	(76)
第一节 植物的氮素营养	(77)
第二节 土壤中氮素的含量、形态及其转化	(86)
第三节 合成氨及氨加工	(97)
第四节 液体氨态氮肥	(102)
第五节 固体铵态氮肥	(121)
第六节 硝酸态氮肥	(138)
第七节 硝铵态氮肥	(142)
第八节 酰胺态和氰氨态氮肥	(150)
第九节 长效肥料	(163)
第十节 氮肥增效剂	(167)
第十一节 氮肥的合理分配和施用	(170)
第三章 磷 肥	(175)
第一节 作物的磷素营养	(175)
第二节 土壤中磷的含量、形态和转化	(185)
第三节 磷肥的资源、制造、性质及施用	(196)

第四节	磷肥的合理分配和施用	(227)
第四章	钾 肥	(233)
第一节	作物的钾素营养	(233)
第二节	土壤中钾的含量、形态和转化	(241)
第三节	钾肥的种类、制造、性质和施用	(248)
第四节	钾肥的合理分配和施用	(261)
第五章	复合肥料	(268)
第一节	概 述	(268)
第二节	复合肥料的种类、制法和施用	(271)
第三节	复合肥料的施用技术	(305)
第六章	微量元素肥料	(308)
第一节	概 述	(308)
第二节	硼 肥	(312)
第三节	锌 肥	(322)
第四节	钼 肥	(330)
第五节	铁 肥	(336)
第六节	锰 肥	(339)
第七节	铜 肥	(344)
第八节	钴 肥	(348)
第七章	钙、镁、硫肥	(350)
第一节	石灰肥料	(350)
第二节	镁 肥	(361)
第三节	石膏肥料	(366)
第八章	腐植酸类肥料及其它有机商品肥料	(373)
第一节	腐植酸类肥料	(373)
第二节	沼气发酵肥料	(384)
第三节	其它有机商品肥料	(388)

第九章	菌 肥	(394)
第一节	概 述	(394)
第二节	菌肥的种类、特点及其施用	(398)
第十章	商品肥料的包装	(417)
第一节	概 述	(417)
第二节	包装的种类和性能	(418)
第三节	商品肥料的包装材料	(420)
第四节	肥料包装袋的构成及制袋工艺	(427)
第五节	包装袋粘补技术	(437)
第十一章	商品肥料的运输	(443)
第一节	概 述	(443)
第二节	商品肥料的运输类型	(445)
第三节	商品肥料的合理运输	(451)
第四节	商品肥料的安全运输	(462)
第十二章	商品肥料的储存与养护	(466)
第一节	概 述	(466)
第二节	商品肥料的储存	(468)
第三节	商品肥料的养护	(491)
实验一	商品肥料的识别和鉴定	(500)
实验二	铵态氮肥挥发量的测定	(512)
实验三	水溶性磷肥在土壤中固定量的测定	(515)
实验四	土壤水解性氮的测定 (碱解扩散法)	(519)
实验五	土壤速效磷的测定	(522)
实验六	土壤速效钾的测定	(530)
实验七	作物组织的营养诊断	(535)

绪 论

一、肥料及其种类

凡施入土壤或喷洒于作物地上部分，能直接或间接供给作物养分，增加作物产量和提高产品质量的物质，或施入土壤后，能改善土壤性状，逐步提高土壤肥力的物质，都叫做肥料。按肥料来源和性质的不同，一般分为化学肥料、有机肥料和微生物肥料三大类。

（一）化学肥料

化学肥料属于商品肥料，它是由工厂直接合成或由含有肥分的矿石经过机械加工制成的肥料；也有些化学肥料是属于工业的副产品。多数化学肥料是具有矿物或无机盐性质，所以化学肥料也叫做矿质肥料或无机肥料。根据化学肥料所含的主要营养成分的不同，又分为氮肥、磷肥、钾肥、微量元素肥料以及复合肥料等。化学肥料一般具有以下特点：

1. 养分含量高。由于养分含量高，不仅便于运输、贮藏也便于施用，即是说在施用量少的情况下，肥效也很显著。但如果施用不当，或施用量偏多，反易引起“烧种”和“烧苗”。

2. 营养成分单纯。一般一种化肥只含一种或几种主要营养元素，这就便于人们通过施肥有目的地调整作物营养状况。但如果长期偏施某种化肥，常会使土壤养分及作物营养失去平衡，故应提倡各种化肥配合施用，并应注意配施有机肥料。

3. 肥效快，后效短。许多化学肥料施入土壤后一般3~7天即可见效。因为化肥多是水溶性的或弱酸溶性的，施入后可溶于土壤溶液中，直接被作物吸收，所以肥效快。但也正是由于其易溶于水，作物来不及吸收时则容易流失，所以多数化肥的后效短（磷肥例外）或没有后效。

此外，有些化肥对土壤性质常有不良影响。长期单独地大量施用某种化肥，经过作物选择性吸收后，会使其中副成分留在土壤里，使土壤出现酸化、脱钙、脱镁、结构被破坏等不良现象。尤其在含腐植质较少的砂性土壤中，这种现象更为严重。如将各种化肥（含有铵盐、钾盐和钙盐、镁盐的化肥）配合施用，或将有机肥料与化肥配合施用，就能防止或减缓这种不良影响的发生。

综上所述，使用化肥时应根据其成分和性质，作到合理施用，才能发挥它的增产效果。

（二）有机肥料

有机肥料大多数是由植物秸秆、绿肥、人畜粪尿，经过堆沤积制而成的。它包括人粪尿、厩肥、堆沤肥和绿肥等。因为它多为农家就地积制、就地施用，所以也叫农家肥料。绝大部分的有机肥料是属于自然肥料，只有含作物所需营养成分比较纯厚的饼肥、鱼肥、海肥、禽粪及腐植酸类肥料等才能构成商品肥料。与无机肥料相比，有机肥料具有以下特点：

1. 养分完全，肥效稳长。有机肥料不但含有氮、磷、钾三要素，还含有植物生长发育所必需的其它各种大量营养元素和微量营养元素，所以有机肥料是完全肥料。有机肥料中的营养元素多呈有机态，需经微生物分解转化，才能逐步地被作物吸收利用，所以肥效稳长、持久。

2. 改良土壤，提高地力。有机肥料中含有大量的有机质，它在微生物的作用下，能形成腐植质；而腐植质是维持土壤肥力的主要物质基础。腐植质能促进土壤结构的形成，改善土壤的物理、化学及生物学性状，调节土壤的水、肥、气、热状况。

3. 能改善土壤的有机营养。有机肥料在堆腐发酵过程中，能产生一些氨基酸、维生素、抗生素和胡敏酸等物质。这些物质，植物能直接吸收用来作为合成植物体内有机化合物的材料，或者能促进植株体内一些代谢过程的进行。如氨基酸可以合成蛋白质，维生素B₆可构成氨基转移酶的辅酶，维生素PP构成脱氢酶的辅酶等。胡敏酸、维生素等能促进植物根系发育，抗生素能提高植物的抗病力，并能杀死土壤中的病原菌，减少作物病害。

4. 能改善作物的碳素营养。有机肥料中含有大量纤维素及其它碳水化合物，它们在土壤里进行分解的过程中，能产生大量的二氧化碳。其中一部分二氧化碳可以逸出地面，增加近地空气中二氧化碳的浓度，从而能促进光合作用的进行。

有机肥料虽然具有上述优点，但其养分含量稀薄（氮、磷、钾的含量多数不到1%），所以仅靠有机肥料，不能满足作物在高产情况下对营养物质的需要。有机肥料还有用量多，费力大，不便长途运输等缺点。但是，有机肥料来源广、潜力大，在我国目前的生产条件下，没有大量的有机肥料就不能保证农作物的产量持续不断地提高。同时，生产实践已经证明，只有在施用有机肥料的基础上，才能充分地发挥化肥的良好作用。

由上可见，有机肥料和无机肥料各有其优缺点，必须互相配合施用，才能取长补短，互相促进做到用地与养地相结

合，有利于农作物的高产和稳产。

（三）菌肥

菌肥是通过人工方法培养某些有益的微生物而制成的生物肥料。目前主要有根瘤菌剂、固氮菌剂、磷细菌剂及复合菌剂和抗生素剂等。它们是通过微生物的生命活动的产物来改善作物营养、提高土壤肥力、刺激作物生长或抑制有害微生物的活动，从而使农作物更好地生长发育，获得高产的。但它们只是辅助性的肥料，而不能代替前两类肥料的作用。

二、《肥料商品学》研究的对象和任务

肥料商品同其它商品一样，都具有价值和使用价值的两重性。《肥料商品学》是研究肥料商品使用价值的一门科学。肥料商品的使用价值，即肥料商品的有用性，是由肥料本身的自然属性决定的。因此研究肥料商品的使用价值，就必须研究肥料商品的自然属性以及影响其属性和使用价值的有关问题，诸如肥料商品的成分、理化性质；肥料商品使用价值的形成过程（原料的选择和生产加工的工艺过程），以及在生产和加工过程中影响肥料商品质量的主要因素；肥料商品在贮运过程中的质量变化（包括各种外界因素如温度、湿度、光、热、空气以及各种化学物质对肥料商品质量的影响），和为了维护、实现其使用价值应采取的合理包装、运输、贮存的方法。为了很好地经营商品肥料，还必须做好商品肥料质量的检验工作，因此评定肥料商品的质量指标和品质鉴定也是《肥料商品学》要研究的内容之一。另外，《肥料商品学》还要研究最终实现肥料商品使用价值的条件（包括作物和土壤条件），肥料的合理使用方法，介绍已有的施肥经验和探讨新的施肥技术和理论。

通过以上诸方面内容的学习，使我们能对肥料商品的有

用性有比较系统的了解和掌握，以便在经营中，能准确地验收肥料商品，防止劣质肥料进入商业部门；科学地做好商品肥料的养护工作，以降低其损耗、保证商品质量；正确地指导施用肥料，从而促进农业生产更快地发展。

三、人类利用肥料的历史和商品肥料在农业生产中的作用

大约距今七、八千万年前的新石器时代后期，人类就已经开始栽培农作物了。从公元前的古希腊和古罗马的某些著作中可以看出，当时人们就已知道把污泥、垃圾、泥炭和草木灰等用作肥料。我国早在公元前十一世纪至公元前八世纪的西周时期，就有“荼蓼朽止，黍稷茂止”的歌谣，这说明当时人们就已经把荼蓼在田里的腐烂和黍稷茂盛地生长两者联系在一起了。在公元前三世纪的《孟子》一书中就有“百亩之粪”的说法。在后人王象缙所写的《群芳谱》一书中对此加以解释：“积地莫要积粪，地多无粪，枉费人工，故孟子不曰百亩之田，而曰百亩之粪。”又据有关文献记载，我国古代劳动人民所使用的肥料有很多种，包括蚕矢、人粪、踏粪（厩肥）、草粪、苗粪（绿肥）、渣粪（菜籽、棉籽渣等）、黑豆粪、火粪（石灰、草木灰）等。

随着农业生产的发展，人们对肥料的质量要求越来越高，在化肥商品大量生产和使用之前，一些国家即出现了养分比较纯厚的初级商品肥料。如在日本、挪威、秘鲁、瑞典等国家，曾大量生产和使用过鱼肥，不但用于国内，而且也运销到国外。早在西汉时期，我国农民就已经知道使用骨肥。英国是最早把骨肥作商品肥料的国家。1778年，该国就研制出碎骨机，19世纪初出现了骨粉制造厂。1840年德国化学家李比希（J.V.Liebig）提出用硫酸处理骨粉的方法，

进一步提高了骨粉的肥效，使骨粉作为商品肥料广泛地被应用。较早出现的商品肥料还有饼肥。我国早就有将豆饼、棉籽饼、菜籽饼等用作肥料的传统，也曾大量地运销到国外。本世纪20年代初，仅运销到日本的大豆饼，最高年份达127万吨，占日本使用的全部有机肥料的78%。欧洲的一些城市如伦敦、柏林、巴黎、维也纳以及我国的某些大、中城市，都曾将人粪加土制成粪干，作为商品肥料出售。如向人粪中加入少量的硫酸，再经过干燥、磨碎，即成为一般的干粪；向人粪中加入屠宰场的废弃物及牲畜血液，即成为“血干粪”；向人粪中加入过磷酸钙，即成为“磷酸干粪”或“人工海鸟粪”。此外，还有血粉、革角粉、蹄齿粉等商品肥料。

在大工业生产的化肥商品出现之前，世界上流行得比较广泛的肥料商品还有智利硝石（ NaNO_3 ）。1830年，智利硝石的年产量才有860吨，到1911年，产量迅速增加到244.9万吨，曾作为商品肥料运销到世界各地，使其在十九世纪末和本世纪初，在化学氮肥中占领先地位。其次是秘鲁的海鸟粪。早在12世纪，海鸟粪就作为肥料商品出现在秘鲁的国内市场，并较早地运销到美洲国家。以后扩及到欧洲，到1840年仅运销到英国的秘鲁海鸟粪就达数十万吨之多^①。从人类利用肥料的历史可以看出，肥源越来越广，肥料的质量越来越高，以致使肥料以商品的形式出现了。

1840年李比希所提出的“植物矿质营养学说”和“归还学说”，为现代化肥的生产和使用奠定了理论基础。而工业生产的化学肥料是沿着磷——钾——氮的先后顺序出现的。生产化学磷肥的原料，开始是用兽骨，由于兽骨来源有限，曾改用粪化石（是中生代巨大的爬行动物的排泄物形成的）。

^①彭加元，《肥料学》，商务印书馆1933年版。

到1818年，首先于法国，以后在比利时、挪威、美国以及世界各地，陆续发现了含磷矿床，并在上世纪50~80年代，磷肥工业在欧美国家迅速地发展起来，从此人类就可以利用自然界蕴藏的丰富的磷矿资源来充分满足作物对磷素的需要。目前世界化学磷肥的年销量已接近两亿标准吨，1983年我国化学磷肥的产量已达1,450万标准吨。现已查明，世界磷矿贮量（以 P_2O_5 计算）约为450亿吨，预计贮量为1,500亿吨。丰富的磷矿资源，也为磷肥商品的发展提供了良好的前景。

几乎和磷肥工业出现的同时，钾肥工业也迅速地发展起来。早在1861年德国就建立了大规模的钾肥工业，并且在较长的时间里，保持着世界钾肥生产的垄断地位。美国 and 苏联都是在1930年前后才发现钾矿并生产钾肥的。现在全世界生产的钾盐有90~95%是作为钾肥使用的。50年代世界钾肥的年增长率为5%，60年代超过10%，70年代为8%。现在世界钾肥商品的年销量为2,800万吨（以 K_2O 计算）。现已查明，世界钾盐矿藏的总贮量达5,000亿吨（以 K_2O 计算），预计将来还会有更多的钾矿被发现。

从上述可见，廉价的化学磷肥、钾肥，都是十九世纪中叶出现的。据苏联农化学者A.H.普良尼施尼克夫的估算，西欧一些国家的粮食单产，曾长期停滞在每公顷13~17公担的水平上。但从1885年开始大量施用磷肥、钾肥（再加上少量的智利硝石）以后，致使当地的农业生产开始了新纪元，到第一次世界大战前，粮食单产已增加到每公顷21~28公担的水平。

氮肥工业在本世纪初还远远落后于磷肥和钾肥工业。当时只能生产少量的硫酸铵（是生产煤气、焦炭以及制造石蜡等工业的副产品），但由于产量有限，远远满足不了需要，

所以，在很长时间内人们一直寻求通过化学或物理方法，来固定空气中游离的氮素，即人工直接制造化学氮肥。上世纪末，曾研究出用电弧法将空气中的氮素氧化成硝酸，但成本太高，不能用于肥料生产上。1898年，德国发明了氰氨法，即将氮气通过高热的碳化钙而制成氰氨化钙(石灰氮)，并于1905年建立了世界上第一座氰氨制造厂，从此人工合成的化学氮肥就开始在市场上出现了。但这种生产氮肥的方法耗电量大，除水电资源比较丰富的国家外，一般不便于大量生产。直到本世纪初，德国化学家弗利茨·哈贝尔发明了工业合成氨法，并于1913年在德国建立了世界上第一座合成氨厂后（日产量为27吨），化学氮肥商品大量地生产和使用才有了可能，随着大型合成氨厂在德国、美国和苏联等发达的国家的建立，化学氮肥工业才在世界范围内得到了突飞猛进地发展。现在全世界标准氮肥的年产量已达两亿数千万吨之多。我国标准氮肥的年产量已达5千多万吨，居世界第三位。

随着氮肥商品的大量生产和使用，一些温带国家从本世纪30年代开始出现了“农业改革”的高潮，并使农作物的单产和总产迅速地增长。近二十年来，世界粮食产量增加了一倍左右，其中化肥的增产作用，估计占30~60%。以上事实充分说明，商品肥料正在日益深入地被纳入农业生产的物质循环过程；大量施用商品肥料，充分发挥其在农业生产中的作用，也正是实现农业生产化学化的一个重要标志。

四、我国化肥商品的产销概况及存在的问题

（一）我国化肥商品的产销概况

我国使用化肥较晚，从1909年开始，才进口少量化肥，解放前只有大连、抚顺、鞍山和南京几家设备陈旧，技术落后的生产硫酸铵和过磷酸钙的工厂；只有江苏、浙江、广

东、福建、辽宁及台湾等省的局部地区少量施用化肥。新中国成立后，党和政府大力发展化肥工业。从50年代后期，到60年代末，根据我国实际情况，先后建立起一批小型氮肥企业。到了70年代，除了新建一批大、中型化肥企业外，还从国外引进十多套大型生产化肥的设备，使我国的化肥工业得到了迅速地发展。目前全国已有近1,300个氮肥企业和近700个磷肥企业，初步形成了大、中、小型企业相结合的化肥工业体系。与此同时，我国化肥的产量也得到了迅速地增长。如我国化肥的年产量以标准吨^①计算，1949年只有2.9万吨，1952年为8.6万吨，1966年为1,222.1万吨，1983年已经达到了6,753.3万吨（超过六五计划规定的指标），预计到1985年达到6,900万吨，1990年达到7,895万吨，到2000年，我国化肥的生产量将完全作到自给。

为了适应化肥工业和农业生产发展的需要，我国从中央到地方都建立了相应的化肥经营机构，根据国家制定的方针、政策和供应原则，认真做好化肥的收购（包括进口一部分化肥）、调运、储存和销售工作。经过50年代氮肥的推广和使用，60年代以来磷肥的试验和推广，化肥商品的年销售量也在迅速增长。如年销售量以标准吨计算：1952年为37万吨，1966年为1,330.3万吨，1983年已经达到了6,908万吨，预计到1985年将达到8,000万吨，1990年将达到9,340万吨。随着化肥销售量的增加，农田施用化肥的水平也在迅速提高。如以亩施标准肥的斤数计算：1952年只有0.5斤左右，1966年为17.6斤，1983年已达到92.7斤，预计到1985年将达到126斤，2000年将达到154斤。随着化肥施用量的增加，化

^① 标准肥，氮肥按含N21%，磷肥按含 P_2O_5 18%，钾肥按含 K_2O 25%计算。