

File No. 60

## 药肥的特点，制法和前景

药肥是添加混合了某些特定的农药制成的肥料。它同时具有肥料和农药两种用途，只需一次施用就可以获得肥料和农药的相乘效果。早在 1950 年代末，日本的农业试验场就开始了在肥料中添加除草剂五氯苯酚（PCP，1990 年登录失效）来用作水稻基肥的实验，其后又对含有各种农药的药肥进行了许多研究。1961 年瀬川篤忠等人在日本土壤肥料学会的年度大会上口头发表的「关于 PCP 添加肥料的效果之研究」是最初的研究报告，1964 年本谷耕一等人在日本东北农业试验场研究报告上刊载的「关于 PCP 添加肥料的利用之研究」是最初的论文。在许多实验结果的基础上，再加上农药和肥料业界人士的努力，1986 年日本政府农林水产省修改了「根据肥料取缔法对普通肥料的公定规格等的规定」的法令，正式认可在肥料中添加农药后销售使用。

在美国，在 1960 年代进行的将 2,4-D 混合到肥料里进行施用的实验中发现 2,4-D 具有除草效果之外，还可以抑制有关涉及到土壤硝化作用的微生物的活性，得到减少肥料的氮养分损失的效果。在原苏联，发现将杀虫剂乐果与过磷酸钙混合造粒的肥料施用后可以抑制乐果的释放和分解速度，长期维持乐果的杀虫效果。随着具有除草剂抵抗性的转基因玉米和大豆作物的推广普及，美国在 1980 年代起生产和销售了多数添加了除草剂的肥料用于大田栽培的玉米和大豆。在中国，2000 年以后，为了防治水田稗草，添加了选择性除草剂的复合肥和 BB 掺混肥在南方水稻栽培地区得到了一定的推广。

现在，日本的肥料取缔法认可的可以在肥料中添加的农药共 27 种，其中杀虫剂 9 种，杀菌剂 6 种，除草剂 11 种，植物生长调节剂 1 种。另外还有 1 种防止农药误食剂。各种类型的肥料所允许添加的农药种类亦受到严格限制。复合肥允许添加的农药共 20 种，掺混肥允许添加的农药共 8 种，包膜肥料允许添加的农药只有 1 种，液体复合肥允许添加的农药也只有 1 种，家庭园艺用复合肥允许添加的农药共 7 种。

### 药肥优点

1. 只需施用一次即可同时完成施肥和除草或防治病虫害的农作业，节省时间和劳力。
2. 肥料起到了农药稀释剂的效果，不需要使用矿物粉末填料或溶剂来稀释农药。药肥的毒性低，方便运输和保管，可以节省流通成本。
3. 药肥多呈颗粒状，施用后不易粘附在叶面上，释放速度慢，可以减轻药害。
4. 若添加混合在缓释性肥料或侧条施肥肥料中的话，通过农药的缓慢释放和农作物根系的趋肥性，可以提高药效，减少农药施用量。

### 药肥缺点

1. 允许添加混合的农药种类受到限制。只有内吸性杀虫剂，内吸性杀菌剂之类能够被作物吸收后浸透到组织内的药剂和长期有效的除草剂才被允许添加混合。不能靠药肥来防治所有的病虫害和杂草。

2. 农药大多数是有机合成的高分子物质，与肥料混合造粒的过程中，要经过溶解和干燥等物理处理，还有可能会与肥料成分发生化学反应，难以避免药效的降低。
3. 药肥需要进行农药的添加混合，造粒等工艺，在运输，保管，销售上也有一定的限制。价格肯定要比肥料和农药分别销售时的合计价格要高，价格竞争力不足。
4. 对于大多数农作物来说，肥料养分的需求时期与农药使用时期不一致，导致农药的药效低，浪费多。
5. 长期施用没有必要的农药，容易导致害虫，病原微生物和杂草产生抗药性。

### 药肥的生产方法

药肥的生产方法可分为混合造粒法，附着法和单纯混合法 3 大类。

- 1. 混合造粒法：** 将农药添加到肥料粉末里，经过混合，造粒，干燥等工序，制成含有农药的颗粒状肥料。混合造粒法的特征是农药与肥料混合成一体，农药均一地分散到所有的肥料颗粒中，肥料颗粒的溶解崩坏速度支配着农药的释放速度和药效。缺点是需要经过造粒，在加湿，干燥等工序中农药成分有可能与肥料成分产生化学反应，降低药效。另外，需要事先进行造粒，生产出来药肥可能需要长期保管，有可能会引起药效降低。
- 2. 附着法：** 将肥料颗粒放入滚筒内，添加液状或粉状的农药和粘附助剂后，进行搅拌混合，使农药均一地黏附在肥料颗粒表面。附着法的特征是将农药粘附在现成的肥料颗粒表面，工序简单，生产成本低，农药与肥料成分不易起化学反应，不容易降低药效。另外，可以在现场按使用量加工后马上施用。缺点是在流通过程中农药有可能从肥料颗粒表面脱离，集中在粉末部分而造成局部浓度过高，引起药害。施用后很快就会溶解释放，药效短。
- 3. 单纯混合法：** 将农药直接混合在粉末状的肥料或溶解在液体肥料里制成的药肥。单纯混合法的特征是将农药与肥料直接混合就行了，生产成本低。缺点是农药成分有可能与肥料成分产生化学反应，降低药效。施用后很快就会溶解释放，药效短。能够直接混合的农药种类有限。单纯混合法多用于水溶肥和液体肥。



图 1. 日本添加了杀菌剂和杀虫剂的侧条施肥专用药肥



图 2. 美国添加了除草剂的草坪专用药肥

现在，日本获得肥料登录的药肥虽然有数 10 种，但实际上在市面上销售的只有片仓合作农业公司生产的添加了防治稻瘟病杀菌剂噻菌灵的侧条施肥专用肥料「コーポガード D」以及添加了噻菌灵和防治稻水象甲虫杀虫剂吡虫啉的「コーポガード W」2 种（图 1）。

日本以外的国家对药肥的态度是，欧盟（EU）并不承认药肥，所以市面上没有药肥销售。美国则是随着除草剂抵抗性的转基因玉米和大豆品种的普及和免耕农业的发达，从 1980 年代起市面上就出现了许多含有除草剂的药肥。但是，因为肥料需求和农药需求时期不同，除草效果不好，加上尿素硝铵液肥（UAN）的普及，2000 年以后大田肥料上基本上没有了药肥。现在，市面上完全没有添加了杀虫剂和杀菌剂的药肥的踪影，只有少量添加了除草剂的药肥用于防除高尔夫球场和家庭草坪的阔叶性杂草（图 2）。部分玉米和大豆的大规模栽培农户则采用了依照耕地杂草的生长状况，追肥时在尿素硝铵液肥（UAN）中自行添加除草剂或其他农药，混合后马上施用的方式来降低生产成本（图 3，图 4）。



图 3. 在玉米地施用添加了除草剂的药肥



图 4. 免耕栽培的玉米，施用了含除草剂的液体药肥

在中国，2000 年前后开始生产和销售添加除草剂的药肥用于防治稻田稗草，有一段时期相当流行。虽然现在风潮已经过去，但仍有约 30 种添加了水田杂草用除草剂的药肥在市面上流通。还有一些添加了旱地用除草剂和杀虫剂的药肥在销售（图 5）。除了得到承认的药肥之外，还有相当多添加了植物生长激素的肥料，在没有药肥标记和没有得到许可的状态下公开销售。这种药肥在水溶肥中最常见。随着中国政府严格管制和处理农药的非法使用，新开发的药肥不仅需要得到肥料主管部门的批准，还需要通过农药部门的审查，在一般情况下很难获得流通销售的许可。

另一方面，在现实中亦存在着兼有农药效果的肥料。其代表就是石灰氮（氰氨化钙）（图 6）。

石灰氮是碳化钙和氮的化合物，主要成分是氰氨化钙（calcium cyanamide），还含有少量的石灰，硅酸和铁等。撒布耕地里与土壤混合后，氰氨化钙会加水分解生成氰胺。氰胺可以杀死土壤线虫和杂草，具有杀虫除草的效果。若施用到水田中，分解生成的氰胺还可以杀死钉螺，福寿螺和小龙虾等有害动物，具有一定的防治效果。氰胺在土壤中会被分解成无害的氨态氮，作为养分被作物吸收利用，不存在农药残留问题。在日本，作为具有土壤消毒作用的肥料，1920 年代起到 1980 年代中后期为止很受农户的欢迎。

但是，生产石灰氮需要消耗大量的电力，生产成本高，售价也高。加上石灰氮具有相当强的刺激性和能够增加人体对酒精的敏感度，散布后饮酒容易引起急性酒精中毒等缺点。现在

只有日本，中国和德国生产石灰氮，日本国内的消费量也逐年减少。



图 5. 中国市面上销售的药肥



图 6. 日本生产的石灰氮(氰氨化钙)

关于药肥的前景，大部分农业科学家并不看好。这是因为 ①作物养分需求时期与病虫害发生时期不一致，不能充分发挥出农药的效果， ②消费者和舆论要求对农药的使用进行更严格的管制，药肥的使用受到限制， ③药肥的售价要比肥料和农药分别销售时的售价合计值要高。药肥存在着相当多的难以克服的不利因素，除了部分特殊用途的添加了除草剂的药肥之外，药肥难以得到推广普及。