

第一章

化学物质的农业利用

从 19 世纪中期至今，通过化学合成或加工工艺制造的化学物质，在农业生产中已经应用了 160 多年。1940 年德国化学家李比希提出了矿质营养学说和归还学说，大大地推动了化肥工业的发展和化肥的使用。同期，用于防治病、虫害的杀虫植物的提取物（如除虫菊、鱼藤和烟草）以及砷酸盐类和硫酸烟碱开始工业化生产和使用，从 20 世纪 40 年代开始，有机合成农药的生产和使用得到迅速发展。农用塑料制品的使用也比较早，其中农膜的生产开始于 20 世纪 60 年代初期，后来发展极为迅速，农膜也得到广泛使用。农用化学物质的使用，显著增加了农产品产量，减少了损失，在发展农业生产中起到了重要的不可取代的作用。

第一节 农用化学物质的种类与性质

本书涉及到的农用化学物质是指农业生产中广泛使用的、经化学合成或加工等工艺制造的化学物质，包括化学肥料、农用化学药剂和农用塑料制品，但不包括在农业中使用的其他天然物质，如有机肥料等。经化学合成的农用化学物质还有土壤调理剂，如保水剂等，由于使用量较少，使用范

围较小，将不在本书中讨论。在农用化学物质中，使用量最大的是化学肥料。

一、化学肥料

肥料是指人们用以调节植物营养与培肥土壤的一类化学物质，包括有机肥料和化学肥料（又称无机肥料，简称化肥）两大类。化学肥料是一类按照农作物生长发育所必需或有益的元素，经过化学合成、加工等工艺制造的肥料。

根据氮、磷、钾三大营养元素的含量，化学肥料可分为单质肥料和复合肥料。单质肥料是指只含有氮、磷、钾三大营养元素中的一种养分的肥料，包括尿素、碳酸氢铵、氯化钾、硫酸钾等。复合肥料是指同时含有氮、磷、钾三大营养元素中两种或两种以上的肥料。按所含营养元素的成分，化学肥料又分为氮肥、磷肥、钾肥、镁肥、钙肥、硫肥和微量元素肥料（微肥）。按状态，化学肥料分为固体肥料、液体肥料。

化学肥料的基本性质是：①成分较单纯，含有一种或一种以上作物必需的营养元素，相对含量较高；②多属水溶性或弱酸溶性的化合物，是对作物速效的营养物质，能直接被作物根系或叶面吸收；③施入后能够显著改善土壤中某一种或数种营养元素的浓度和供应状况，同时也会影响到土壤的某些理化性质，如 pH 等。化学肥料中养分的形态在土壤中也将会发生转化，从而导致养分有效性的下降。

我国使用的肥料以氮肥为主，其次是磷肥和钾肥，较少单独使用钙肥、镁肥、硫肥，钙、镁、硫等营养元素一般依赖氮肥、磷肥、钾肥等肥料中的副产品来提供。微量元素肥料的使用量和范围呈增加趋势。

(一) 氮肥

氮肥是我国使用量最大的一类化学肥料，这是因为目前我国多数作物上肥料的效应，仍然以氮肥为最高。按肥料中氮素的形态，氮肥可分为铵态氮肥、硝态氮肥、酰胺态氮肥等几种。按肥料中氮的供应速率，氮肥可分为速效氮肥、缓效氮肥。常用的氮肥基本上都是速效肥料（表 1-1）。其中，碳酸氢铵和尿素是两种主要肥料，占国产氮肥的 90% 以上。其次是氯化铵和硝酸铵，合计占 5% 左右。其他氮肥的使用量均不足氮肥总使用量的 1%。

缓效氮肥，又称缓释氮肥、长效氮肥，是水溶性氮肥经过缓溶处理，改善了常用氮肥速溶、速效特性的一类氮素肥料。目前常见的缓效氮肥主要类型有以下几种。

1. 微溶化合物：微溶化合物包括金属磷酸铵（ $\text{MeNH}_4\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）和微溶性有机氮化合物。金属磷酸铵的通式中 Me 代表两价金属离子，如磷酸铵镁（ $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ）。这类化合物显示微水溶性，但氮素的含量较低，磷酸铵镁中氮含量只有 8%。

微溶性有机氮化合物有脲醛缩合物、亚异丁二脲、亚丁烯二脲和草酰胺等。脲醛缩合物包括甲醛缩脲、乙醛缩脲，由尿素加甲醛或乙醛缩合而成，氮含量为 29% ~ 40%，施入土壤后，在微生物作用下，氮素逐渐分解释放。微溶性的有机氮化合物含氮量较高，施用后氮素的利用率较普通氮肥高，但由于成本高，实际上很少用于大田生产。

2. 包膜肥料：包膜肥料又称控释肥料，即在氮肥或氮磷钾复合肥外包一层膜，以减缓或控制养分释放的一种肥料。用于包膜的材料主要有半透性、多孔不透性和固态物质，如沥青、树脂、石蜡、有机大分子聚合物和硫磺。我国采用包膜材料的肥料有钙肥、镁肥、磷肥等。这类肥料中氮含量主

要取决于被包裹的肥料成分。常见的肥料品种有硫衣尿素、长效碳氨、涂层氮肥等。

此外，还有添加硝化抑制剂的氮素肥料，通过减缓硝化作用来减少肥料中的氮素损失，并非缓释肥料。

表 1-1 我国常用的氮肥品种

肥料名称	化学式	含氮量 /(%)	氮素 形态	性质与施用特点
液氨	NH_3	82	铵态	液体肥料，氮含量高，极易挥发，用专用机具深施入土，宜作基肥，不宜在质地轻的土壤上施用
氨水	$\text{NH}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	12~16	铵态	液体肥料，碱性并具有很强的腐蚀性，易挥发，深施
碳酸氢铵	NH_4HCO_3	17	铵态	吸湿性强，水溶液呈弱碱性，易分解并引起氨挥发，可作基肥和追肥，不宜作种肥，深施
硫酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	12~16	铵态	吸湿性小，水溶液呈弱酸性，生理酸性肥料，可作基肥、追肥和种肥，石灰性土壤应深施
氯化铵	NH_4Cl	12~16	铵态	有一定吸湿性，水溶液呈弱酸性，生理酸性肥料，可作基肥、追肥，不宜作种肥，忌氯作物不宜施用

续表

肥料名称	化学式	含氮量 /(%)	氮素 形态	性质与施用特点
硝酸铵	NH_4NO_3	12~16	硝态	吸湿性强、易结块，易发生热分解，生理中性肥料，宜作追肥，适用于旱地作物
硝酸钠	NaNO_3	15	铵态、 硝态	极易吸湿结块，水溶液呈碱性，宜作旱地追肥，不宜用于盐碱土
硝酸钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	13	硝态	极易吸湿结块，易燃，水溶液呈碱性，宜作旱地追肥，适用于酸性土壤、盐碱土
尿素	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	42~46	酰胺态	吸湿性小，水溶液中性，适用于各种土壤和作物，可作基肥和追肥，不宜作种肥
石灰氮	CaCN_2	20~22	酰胺态	碱性肥料，吸湿性较好，适用于酸性和中性土壤，宜作基肥

(二) 磷肥

按肥料中磷的溶解性，磷肥分为水溶性磷肥、弱酸溶性磷肥和难溶性磷肥（表 1-2）。我国生产的磷肥主要是低浓度的过磷酸钙（占总量的 63%）、钙镁磷肥（占总量的 20%）和磷矿粉，高浓度的磷肥如磷酸铵、重过磷酸钙和硝酸磷肥，不足磷肥生产总量的 12%。

表 1-2

我国常用的磷肥品种

肥料名称	主要化学成分	P ₂ O ₅ 含量 /(%)	溶解性	性质与施用特点
磷矿粉	Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ F ₂ 或 Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂	14~25	难溶	迟效磷肥, 用于酸性土壤及对磷吸收能力强的作物, 宜作基肥
钙镁磷肥	α-Ca ₃ (PO ₄) ₂	14~25	弱酸溶性	碱性, 适用于酸性和中性土壤, 作基肥最好, 也可作种肥
沉淀磷酸钙	CaHPO ₄ ·2H ₂ O	30~40	弱酸溶性	适用于酸性和中性土壤, 作基肥, 也可作种肥
脱氟磷肥	α-Ca ₃ (PO ₄) ₂ + Ca ₃ P ₂ O ₉	14~30	弱酸溶性	碱性, 适用于酸性土壤, 宜作基肥
钢渣磷肥	Ca ₄ P ₂ O ₉ ·CaSiO ₃	14~18	弱酸溶性	碱性, 适用于酸性土壤, 宜作基肥
普通过磷酸钙	Ca (H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O + CaSO ₄ ·2H ₂ O	12~20	水溶性	酸性, 速效, 适于各种土壤, 宜作基肥和追肥, 也可作种肥和根外追肥
重过磷酸钙	Ca (H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	40~50	水溶性	同普通过磷酸钙

(三) 钾肥

钾肥虽然品种较多, 但常用的主要是氯化钾、硫酸钾、碳酸钾以及一些含钾的复合肥, 其中氯化钾使用量最大, 占全部钾肥消费量的 90% 以上。

氯化钾（ KCl ）肥料中 K_2O 的含量为 50%～60%。氯化钾有一定的吸湿性和很好的溶解性，属于化学中性和生理酸性肥料，长期大量使用会导致土壤酸化。由于该肥料中含有大量氯，长期使用对一些经济作物产品的质量有影响。可作基肥和追肥使用，一般不宜作种肥和根外施肥。

硫酸钾（ K_2SO_4 ）肥料中 K_2O 的含量为 50%～54%，化学中性，易溶。作为生理酸性肥料，长期使用可导致土壤酸化。使用作物的范围较广，可作基肥、追肥，也可作根外施肥。

（四）微量元素肥料

植物营养学所说的微量元素是指微量营养元素，即植物正常生长和发育所必需、在植物体内含量较低的营养元素。微量元素肥料简称微肥，是指为了纠正土壤中硼、铁、锰、铜、锌、钼等微量元素养分供应的不足，维持作物正常生长发育所需要的养分整体平衡而施用的含有上述微量元素的肥料。有人也将含有某些对作物生长有益的元素的肥料归为微量元素肥料。常用的微量元素肥料有硼肥、钼肥、锰肥、锌肥、铜肥和铁肥（表 1-3）。

微量元素肥料应根据土壤中微量元素的有效含量和作物对微量元素的需要而施用。一般采用土壤施肥、种子处理、沾根、喷施等方法施用。值得注意的是，如使用量超过一定的范围，易导致作物中毒。

（五）复合肥料

习惯上将复合肥料分成化成复合肥料和混成复合肥料（又称混合肥料）。化成复合肥料是指经化学合成工艺制造的肥料，而混成复合肥料则是由单质或者复合肥料混合配制而成的肥料。常见的化成复合肥料列在表 1-4。其中，磷酸铵类肥料，包括磷酸一铵和磷酸二铵，是国内外发展最快的

复合肥料品种。国产的磷酸铵类肥料是磷酸一铵和磷酸二铵的混合物，其中氮含量为 14% ~ 18%，磷含量为 46% ~ 50%。混成复合肥料主要是由当地小化肥厂或配肥厂根据适用于当地土壤与作物条件配方生产的，成分和性质变化很大。

复合肥料可根据作物的需肥特性和土壤肥力状况生产，可同时供应几种营养元素，便于机械化施肥，节省劳力，减少能量消耗，而且可避免机械的重复作业带来的土壤压实和环境污染。复合肥料的生产和使用是农业科学和技术物化的成果，它将测土配方、推荐施肥和科学定量有机地结合起来，代表了肥料生产和使用的一个方向。

表 1-3 常用的微量元素肥料

元 素	肥 料 品 种
硼	硼酸、硼砂、硼镁肥、含硼过磷酸钙、含硼碳酸钙、含硼石膏、含硼玻璃肥料、含硼矿物
钼	钼酸铵、钼酸钠、钼酸钙、三氧化钼、含钼过磷酸钙、含钼玻璃肥料
锰	硫酸锰、硝酸锰、碳酸锰、氯化锰、氧化锰、磷酸铵锰、含锰过磷酸钙、炉渣、螯合锰 (Mn-EDTA)
锌	硫酸锌、硝酸锌、碳酸锌、氯化锌、氧化锌、硫化锌、磷酸铵锌、螯合锌 (Zn-EDTA、Zn-HEDTA)
铜	硫酸铜、硝酸铜、碳酸铜、氧化铜、氧化亚铜、磷酸铵铜、螯合铜 (Cu-EDTA、Cu-HEDTA)
铁	硫酸亚铁、硫酸铁、磷酸铵铁、螯合铁 (Fe-EDTA、Fe-DTPA、Fe-HEDTA、Fe-EDDHA)

注：EDTA (二乙胺四乙酸)，DTPA (二乙三胺五乙酸)，HEDTA (羟基乙二胺三乙酸)，EDDHA (二乙胺二羟基苯乙酸)。

表 1-4

常用的化成复合肥料品种

肥料名称	主要化学成分	N—P ₂ O ₅ —K ₂ O /(%)	溶解性	性质与施用特点
磷酸一铵	NH ₄ H ₂ PO ₄	12—52—0	易溶	溶液酸性，性质稳定，氨不易挥发。适用于各种土壤和作物，可作基肥和追肥
磷酸二铵	(NH ₄) ₂ HPO ₄	18—46—0	易溶	溶液呈微碱性，在湿热条件下氨易挥发。适用于各种土壤和作物，可作基肥和追肥
硝酸磷肥	CaHPO ₄ · NH ₄ H ₂ PO ₄ · NH ₄ NO ₃ · Ca(NO ₃) ₂	(12~26) —(12~ 20)—0	部分溶解	易吸湿结块，热稳定性差，根据制造方法的不同，肥料的性质和养分含量有所变化，适用于旱地的多种土壤和作物，可作基肥和追肥
硝酸钾	KNO ₃	(12~15) —(0~45) —46	易溶	生理碱性肥料，适用于烟草等多种经济作物，宜作追肥
磷酸二氢钾	KH ₂ PO ₄	0—52—35	易溶	溶液酸性，吸湿性弱，适用于各种土壤和作物，由于较昂贵，常用作根外施肥

二、农用化学药剂

农用化学药剂，简称农药，是指用于防治为害农林生产的有害生物（害虫、害螨、病原菌、病原线虫、杂草、鼠等）和调节植物生长的化学药品。按防治对象，农药可分为杀虫剂、杀螨剂、杀菌剂、杀线虫剂、除草剂、杀鼠剂、植物生长调节剂等；按其来源可分为生物源、矿物源和化学合成三大类；按化合物类型可分为无机、有机、抗生素和生物农药等，其中有机合成的化合物按其化学结构又可分成数十类之多；按作用方式可分为杀生农药和非杀生农药，前者又可分为胃毒、触杀、内吸、熏蒸等，后者包括特异性杀虫剂（如引诱、驱避、拒食、昆虫生长调节剂等）、植物生长调节剂等。

（一）杀虫剂

杀虫剂是用来防治害虫（如螟虫、蚜虫、叶蝉、飞虱、蓟马等）的药剂。按药剂的化学成分可分为无机杀虫剂、有机杀虫剂、微生物杀虫剂、特异性杀虫剂和杀螨剂。其中无机杀虫剂如砷酸钙、亚砷酸钙、氟制剂等，对人畜毒性高，并可污染农产品，故现已不常用。天然有机杀虫剂有生物性和矿物性两类，其中，生物性农药有除虫菊、烟草、苦参、鱼藤、藜芦、茛菪、苦楝等，它们往往是多种有生物活性物质的混合物，一般对人、畜毒性低，不污染环境，对农作物安全，害虫不易产生抗药性，但往往来源有限，难于进行大规模化生产。常用的人工合成的有机杀虫剂见表 1-5。

表 1-5 常用的人工合成有机杀虫剂

类型	主要品种	
有机氯类	六六六、滴滴涕、艾氏剂、狄氏剂	药效一般较高，水溶性低，化学性质稳定，但在环境中滞留期长，大多数品种易污染土壤、水体及农、畜产品，并在人及动物体内累积，有导致慢性中毒的危险
菊酯类	溴氰菊酯、氯氰菊酯、氰戊菊酯、联苯菊酯	高效、广谱、低毒、低残留，对环境和食品的污染轻。水溶性小，易被土壤胶体吸附和微生物降解，对土壤生物无不良影响。无内吸传导性，食品污染的可能性很小。由于大部分品种对水生生物毒性高，在水域附近和稻田中要慎用。对天敌选择性差、对螨类效果差。在碱性介质中易分解，不宜与碱性药剂混用
有机磷类	乐果、敌百虫、敌敌畏、对硫磷、甲胺磷	具有广谱杀虫作用，一些品种具有内吸杀虫作用或渗透作用，药效较高。化学性质不稳定，易于在自然条件下或在动植物体内降解，低残留，在高等动物体内亦无累积性。一般对作物安全，但个别品种对个别作物有药害，与碱性药物混配要慎用
氨基甲酸酯类	甲萘威、异丙威、速灭威、克百威、涕灭威	一般对叶蝉和飞虱有特效，大多数品种速效性好，残效期短，选择性高；易降解，对高等动物低毒，无慢性毒性，对鱼类安全；个别品种如克百威、涕灭威等，急性毒性极高，水溶性极强的涕灭威还易污染水源。与碱性药物混配要慎用

续表

类型	主要品种	性质与作用特点
沙蚕毒类	杀螟丹、杀虫双、杀虫环	广谱，具有与其他药剂不同的作用机制，能防治对其他杀虫剂产生抗药性的害虫。对鸟类低毒，对鱼类低毒或中毒，但对蜜蜂和家蚕有毒。一些作物对沙蚕毒类敏感，夏季高温或作物生长较弱时更甚。对环境影响较小

微生物杀虫剂是由细菌、真菌、病毒等害虫的病原微生物及其代谢产物加工成的一类杀虫剂，如苏云金杆菌、白僵菌、核型多角体病毒等，主要是引起害虫致病而死，具有传染性。微生物杀虫剂对人畜毒性很低，不污染环境；一般不容易使害虫产生抗药性；选择性强，不伤害天敌；能以农副产品为原料进行生产。缺点是菌种容易退化，应用效果受环境影响大，药效发挥慢，防治暴发性害虫效果差。

特异性杀虫剂是指引诱剂、驱避剂、拒食剂、不育剂、昆虫生长调节剂等。它们一般对人畜低毒，不杀伤天敌，对环境安全。

杀螨剂是用来防治蛛形纲中有害螨类的农药。防治植食性螨的农用杀螨剂一般是指只杀螨不杀虫或以杀螨为主的药剂。杀螨剂种类较多，主要有有机氯类、有机硫类、硝基苯类、有机锡类、脒类、杂环类等。杀螨剂一般低毒，对人畜比较安全。现有杀螨剂无内吸传导作用，喷药必须均匀周到。有的杀螨剂杀卵活性高，不杀成螨，有的则相反，这样的两类药剂配合使用往往能提高杀螨活性。专用杀螨剂一般无杀虫作用。

(二) 杀菌剂

杀菌剂是一类对植物病原微生物具有杀灭或抑制作用的

药剂，可以用来防治或治疗植物的病害。杀菌剂有多种分类方法，根据原料来源和化学结构可分为无机杀菌剂和有机杀菌剂。无机杀菌剂，包括波尔多液、石硫合剂、汞剂等，绝大部分为无机盐类，其中无机汞杀菌剂现已被禁用。这类杀菌剂杀菌谱较广，多为保护性杀菌剂，缺乏渗透和内吸作用。这些药剂药效的发挥取决于其制备和使用水平。由于用量比较大，在使用浓度偏高、喷洒不均匀或气候条件不适等条件下，植物易产生药害。有机杀菌剂按化学结构可分为 6 类（表 1-6）。

表 1-6 常用的有机杀菌剂

类型	主要品种	性质与作用特点
有机磷类	稻瘟净、敌瘟磷、乙磷铝	基本结构是磷酸酯、硫代磷酸酯、磷酰胺等。这类杀菌剂多具有内吸性，一些品种还具有杀虫作用。多为低残留药剂，在动物体内及环境中降解的最终产物为磷酸和亚磷酸
杂环类	多菌灵、三环唑、三唑酮、异菌脲	性质有差异，其中，多菌灵具有高效、广谱杀菌作用，但对卵菌和细菌引起的病害无效。对蜜蜂无毒。三环唑具有高选择性，对水稻稻瘟病有特效，并易被水稻的器官吸收，并在体内传导，残效期较长，对水生生物毒性较低，对蜜蜂无毒。三唑酮又名粉锈宁，具有高效、广谱、低残留、残效期长、内吸性强等特点。易于被植物体吸收和体内传导，对蜜蜂无毒。异菌脲又名扑海因，具有广谱和触杀作用

续表

类型	主要品种	性质与作用特点
有机硫类	代森锌、福美双、退菌特	杀菌谱广，多数品种对真菌和细菌均有活性，有的还对线虫有活性。一般为非内吸保护性杀菌剂，需在作物发病之前均匀施药；对哺乳动物毒性低，但代森系药剂可降解为致畸、致癌物乙撑硫脲，应控制用药次数和用量，延长安全间隔期
取代苯类	百菌清、甲霜灵、甲基硫菌灵	百菌清为广谱、高效预防性杀菌剂，对植物体具有良好的黏着作用，但无内吸传导作用，残效期较长。甲霜灵又名瑞毒霉，药效高、内吸性强、双向传导，残效期比较长，对卵菌纲真菌具有优良的生物活性，对鱼、鸟和蜜蜂低毒。甲基硫菌灵又名甲基托布津，高效、广谱、内吸，兼具保护和治疗作用。除了藻菌纲真菌外，对其他各纲多种真菌具有良好的生物活性，还具有杀螨卵效果，对蜜蜂低毒
农用抗生素类	井冈霉素、春雷霉素、灭瘟素等	一般由微生物代谢产物中分离得到，有的也可人工合成，能抑制或杀死其他微生物，有的还可杀虫和杀死植物。性质较稳定，对温血动物低毒或中等毒性，防治效果较高，具有良好的内吸治疗活性，残效期短，用量少，对人畜和植物安全

(三)除草剂

除草剂是一类专用以防除杂草的药剂。按药剂的化学结

构和作用特性可分为 20 余类，常用的见表 1-7。

表 1-7 常用的除草剂

类型	主要品种	性质与作用特点
苯氧羧酸类	2, 4-D、2 甲 4 氯、禾草灵	杀草谱广，主要用于防治一年生、多年生阔叶杂草，对双子叶作物，特别是棉花等敏感作物有不良影响
二苯醚类	除草醚、三氟羧草醚	绝大多数品种属对硝基二苯醚，易分解，对哺乳动物及鱼类低毒。主要用于水稻播后芽前或插后 3~6 d 施药防除一年生杂草，也可用于旱田防除一年生阔叶杂草除草，在苗后或芽前使用
酰胺类	甲草胺、敌稗、萘丙酰草胺	易于降解，是防治一年生禾本科杂草的特效产品，对阔叶杂草防治效果较差。不宜与有机磷和氨基甲酸酯类杀虫剂同时使用，因为它们能抑制水稻体内酰胺酶的活性，降低对稻苗的安全性
苯胺类	氟乐灵、二甲戊乐灵	对禾本科植物的抑制作用比双子叶植物强，对已出土杂草无效。施药后要立即混土
取代脲类	绿麦隆、莎草隆、利谷隆	以脲为核心结构衍生出来的一类除草剂。主要经植物根系吸收，通过木质部向幼叶传导，抑制光合作用中希尔反应，杀伤萌芽后的杂草幼芽，易被土壤吸附，在干旱土壤易光解
氨基甲酸酯类	燕麦灵、甜菜宁、苯胺灵	由化学基团取代氨基甲酸的氢原子而形成的酯类选择性有机除草剂，主要作用部位是植物顶芽及其他分生组织。光解作用较差，土壤处理的品种可通过土壤微生物降解

续表

类型	主要品种	性质与作用特点
苯酚类	五氯酚钠	破坏线粒体中的蛋白质膜，还具有破坏叶绿素的作用。在农田中主要利用时差和位差选择来消灭杂草。易光解，土壤吸附性强
三氮苯类	噻草酮、西玛津、莠去津	三氮苯为基本结构的广谱性除草剂，持效期较长，对人畜低毒，对鱼类毒性小。作用机理主要是抑制光合作用，对植物有选择性，也可利用位差选择。易光解和降解
有机磷类	草甘膦、草铵磷、双丙氨酰磷	主要通过抑制植物分生组织细胞的分裂而发生作用。砒草磷可用作土壤处理剂，通常在作物播后芽前使用，主要防治一年生杂草。作为叶面处理剂的草甘膦等，杀草谱广，对 40 多个科的杂草有防除作用。有机磷除草剂接触土壤后容易失效
杂环类	灭草松、恶草酮	灭草松主要用于防除莎草科杂草和阔叶杂草，对稗草无效。恶草酮主要用于稻田除草。对这类杂草在晴天、高温药效高
脂肪酸类	茅草枯	内吸性除草剂，主要通过叶面吸收，干扰蛋白质合成，用于防除禾本科杂草，对多年生深根杂草防效较好，易分解
磺酰脲类	氯磺隆、甲磺隆、苯磺隆	通过植物的根和叶吸收，药效缓慢，在土壤中的降解主要通过酸催化的水解作用而降解
季胺盐	百草枯	为触杀性联吡啶类除草剂，在植物体内氧化后对叶绿体膜破坏力极强，适用于单、双子叶植物。易被土壤吸附钝化
其他	稗草稀、燕麦枯	

(四) 其他农用化学药剂

1. 杀线虫剂：杀线虫剂是用于防治线虫的农药。许多杀线虫剂也可杀虫和杀菌，有的还是除草剂。按其化学结构可分为 4 类：①卤化烃类杀线虫剂，如滴滴混剂、溴甲烷、氯化苦等。②硫代异硫氰酸甲酯类杀线虫剂，如威百亩、棉隆等。③有机磷类杀线虫剂，如苯线磷、丙线磷、除线磷等。④氨基甲酸酯类杀线虫剂，主要有涕灭威、克百威。

2. 杀鼠剂：杀鼠剂是防治鼠类等有害啮齿动物的农药，包括通过胃毒和熏蒸作用直接毒杀以及通过化学绝育和驱避作用等间接防治的各种药剂。利用化学药剂灭鼠较其他方法，例如生物防治、遗传防治等有见效快和成本低、容易推广等优点，但存在人畜中毒或二次中毒等危险。优良的杀鼠剂应该具备：①对鼠类毒性强大，有选择性；②不易产生二次中毒现象；③在使用时对人畜安全；④价格便宜。都能符合上述要求的杀鼠剂并不多，所以使用时应讲究用药方法，确保安全。按作用方式杀鼠剂可分为胃毒剂、熏蒸剂、驱避剂、引诱剂和不育剂。

3. 植物生长调节剂：植物生长调节剂为人工合成的具有天然植物激素活性的物质。按作用方式可分为：

(1) 生长素类：如吲哚乙酸、吲哚丁酸、2, 4 - DA、萘乙酸等。它们可促进细胞分裂、伸长和分化，延迟器官脱落，形成无籽果实。

(2) 赤霉素类：如赤霉酸。主要作用是促进细胞伸长、促进开花、打破休眠等。

(3) 细胞分裂素类：6 - 苄基氨基嘌呤、6 - 呋喃氨基嘌呤、玉米素等。主要作用是促进细胞分裂，保持地上部分绿色，延缓衰老。