农业环境保护科研资料选编

1984

浙江农业大学

农业环境保护科研资料选编

1984

浙江农业大学

目　　录

《农药对农业生态环境影响的研究》——有机氯杀虫剂六六六试验总结（1980—1982年）
主持单位：浙江农业大学……（ 1 ）

林丹（γ—六六六）在壤中的吸附性与其在土壤和小麦中残留量的关系
浙农大核农学所　陈子元　徐步进……（ 16 ）

利用放射性核素研究污水管道厌氧消化装置中水滞留的动态
浙农大核农学所　陈传群　张勤争　奚海福　沈毓渭
浙农大微生物教研组　俞秀娥　冯孝善……（ 24 ）

《土壤环境质量农药标准》——制定原则和方法研究（Ⅰ）（1982—1983年《标准》协作组试验报告）
主持单位：浙江农业大学农药残留研究室*……（ 28 ）

《土壤环境质量农药标准研究（Ⅱ）——农田土壤（稻田）纵向残留农药的迁变及其容量探究
浙农大　农药残毒研究室*……（ 42 ）

《土壤环境质量农药标准研究（Ⅳ）》——土壤样品采集规程（1983年）
浙农大　农药残毒研究室*……（ 58 ）

《土壤环境质量农药标准研究（Ⅴ）》——土壤微生物降解效应试验操作规程（1983年）
浙农大　农药残毒研究室*……（ 63 ）

有机胂杀菌剂防治水稻纹枯病［Pellicularia Sasakii（shiria）Ito］
浙农大植保系　俞康宁　戚澄九
浙江省农业厅农业环保管理站　吴修真……（ 65 ）

农药生态毒理研究（Ⅱ）
——稻区使用六六六后药剂在水生生态体系中的残留动态研究
浙江农业大学　樊德方　陈鹤鑫　唐　柯　岳永德　陈忠明　葛宪定
浙江医科大学　黄幸纾　陈启琪　徐宗潘……（ 70 ）

979—1982年浙江省10县22点水稻上六六六、稻脚青农药残留检测试验总结
浙江省农业厅　浙江农业大学　浙江省粮科所……（ 74 ）

应用气相色谱法测定茶叶中有机氯农药残留量的研究
浙农大　胡月龄　戚澄九　丁可珍……（ 81 ）

有机氯农药残留量测定方法的研究*——茶叶和茶树土壤中残留六六六不同提取方法的比较
浙农大　戚澄九　胡月龄　丁可珍……（ 86 ）

农药与环境保护*
中国环境科学院　范垂生
浙江农业大学　戚澄九……（ 90 ）
农药残留分析测试技术研究——乐果在蔬菜和柑桔中残留量测定方法
浙江农业大学中心实验室　储可明　吴荣献　曾根华……（ 94 ）
辛硫磷在韭菜和土壤中残留动态的研究
浙农大基础部　叶锡模　王森喜　陈尊三　许俊华　黄桂香　陈鹤鑫
……（ 98 ）
大气氟化物在桑蚕体系中积累的定量研究
浙农大环保系　汤良玉　刘　超　吴方正……（102）
降水对氟污染桑叶清洗作用的研究*
浙农大环保系　刘　超　吴方正　汤良玉……（110）
关于杭嘉湖蚕桑区大气氟基准和监测方法的研究
浙农大环保系　吴方正　刘　超　汤良玉……（117）
砖瓦窑短期停火对1983年嘉兴地区春茧增产效应的初步研究
浙农大环保系　刘　超　吴方正　汤良玉……（124）
屠宰废水厌氧滤器沼气发酵研究*
浙江农业大学　钱泽澍　冯孝善　俞秀娥
杭州味精厂　王志仁　沈永勋
浙江卫生防疫站　陈士达……（133）

有机氯杀虫剂（六六六）对农业生态环境影响的研究

（1980—1983）

农牧渔业部"农药对农业生态环境影响的研究"课题协作组*

六六六农药是一种广谱性、价廉、长效的有机氯杀虫剂，在我国使用的历史已达30余年之久，历年来，我国六六六的生产量在化学农药总产量中占着较大的比重，据统计1980年全国农药（成药）总销售量152.7万吨，六六六（包括杀螟粉）制剂却占59%。但六六六理化性能比较稳定、脂溶性强、难分解、持留期长。近年来，从全国各地调查材料表明：六六六对环境和食品中的污染已较普遍，在农畜产品（食物）中几乎全部检测到六六六的残留，超过食品卫生标准，一般也在三分之一以上，即使已长期不使用六六六农药的茶区，至今生产的茶叶中尚能检出六六六的残留物。这充分说明由于长期大量使用六六六农药，已对农业生态环境造成严重的影响，并引起人们普遍的关注。

本试验是由国务院环办与农业部下达的研究任务（1980～1984）。1980年起由浙江农业大学主持组织北京农业大学、农业部环保科研监测所、北京市农科院、南京农学院等单位协作进行"农药对农业生态环境影响的研究"试验。研究工作分二个阶段：第一阶段从1980至1982年，要求基本摸清六六六（及其异构体）在农业生态环境——包括土壤、水、空气、农作物（稻、麦）及其害虫天敌、土壤微生物、蚯蚓和水生生物（鱼、螺、水草）等——中的迁移、转化、降解和残留的规律，以及六六六对农业生态系统中生物和环境的影响，为对使用六六六后的环境学安全性评价作出客观的论证，并进一步为制订防治六六六污染的措施提供科学依据。

农牧渔业部植保局已发（82）农业（植药）字第35号文"关于做好取代六六六农药工作的通知"，国务院领导指示，也要求在1984年前在农业生产中停止使用六六六农药。本试验也可为执行以上决定后，在六六六对农业生态环境中的残留趋势提供科学的预测资料。第二阶段从83～84年选择几种比较理想的六六六取代新农药进行试验。

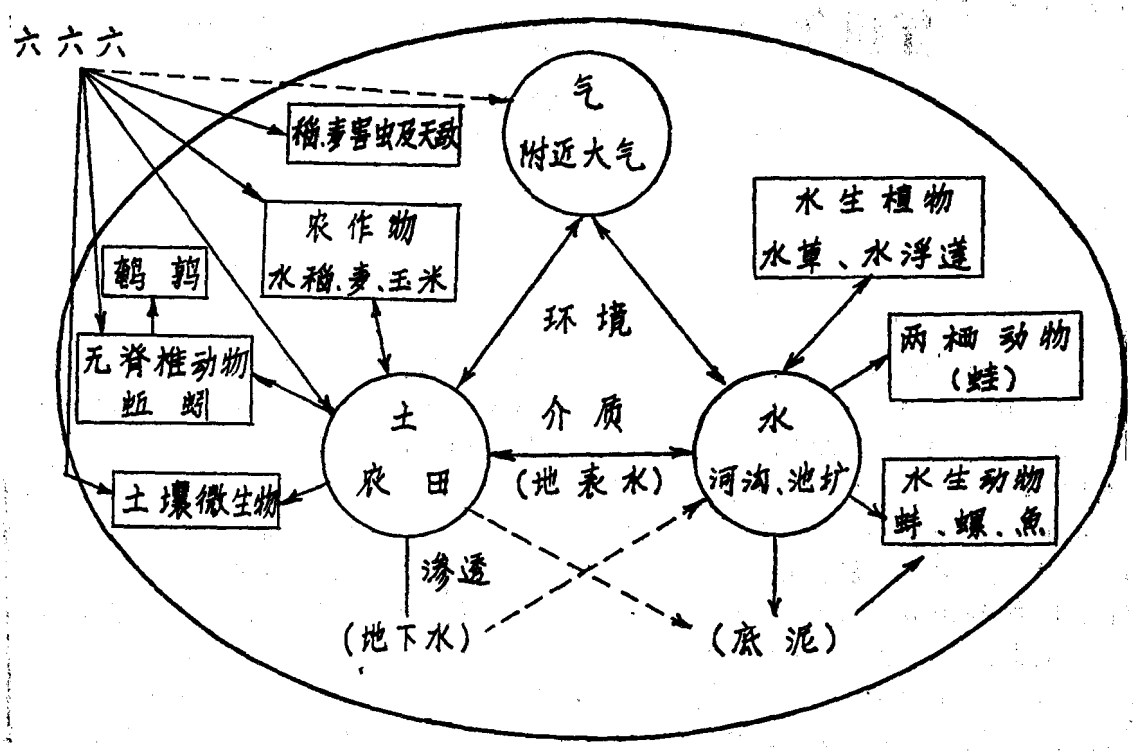
本项目试验分南、北两片地区进行。北方片为北京、河南两地。以旱地为主，作物是小麦、玉米；南方片是江苏、浙江两地，以水田为主，作物是水稻。根据南、北方作物特点，选择有代表性的土壤和农业生态环境条件。采用放射性同位素示踪法和气相色谱等测量技术。在大田和室内模拟配合下进行试验。

兹将本项协作单位在80～83年间所进行的有关六六六对农业生态环境影响研究方面的主要试验内容和结果，归纳为几个方面：（试验的综合设计见示意图，详细内容和结果参见各单位的试验总结）。

---

*本文由浙江农业大学陈子元、周素贞整理编写。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com



"六六六对农业生态环境影响的研究"综合试验设计示意图

第一　六六六在农田土壤中的降解、迁移和残留。

（一）北方片：在北京和河南省选择有代表性的小麦、玉米田土壤进行试验。

1.六六六各种异构体在北京不同农田土壤中的降解速度[9]

六六六在土壤中的降解速度，可因土壤类型不同而差异很大，即使是同一种土壤，若环境状况不同，其降解速度也有很大差别，经室内模拟试验结果表明：一般在水田土壤中较旱地土壤中降解快。同种土壤不同异构体的消失速度在：砂土中水田或旱地均为$\alpha > \gamma > \delta > \beta$；而在壤土中：水田为$\gamma > \alpha > \delta > \beta$；旱地为$\alpha > \gamma > \beta > \delta$。

因此可见β体六六六不论水田或旱地，它在土壤中的降解速度均最慢。（旱地土壤中的δ体特慢，其原因待进一步探明）。

2.土壤微生物对土壤中六六六降解作用的影响[11]

土壤微生物可促进土壤中六六六残留物的降解，而不同土壤类型，土壤微生物的降解能力也不同。试验结果表明：在30℃培育下未灭菌土壤中六六六的降解速度大大快于灭菌土壤（土壤经高压灭菌），不同类型土壤中六六六降解的速度也有差异，其顺序为：粘土＞盐碱土＞壤土＞沙壤土。土壤微生物对六六六不同异构体的降解能力也有差异，一般对α-六六六降解最快，δ体降解次之，γ-体再次之，而对β体六六六降解最慢，持留期最长。因此，在土壤中，不论是壤土、粘土、盐碱土还是沙壤土中均是以β体六六六残留量最高。

3.蚯蚓对土壤六六六降解、消失速度的影响[12]

蚯蚓的活动可加快土壤中六六六的降解和消失速度，如养殖赤子爱胜蚓（E.foetida）70天的土壤中六六六消失72%，而没有蚯蚓的土壤中六六六仅消失55%，二者差异显著（$p<0.01$）。不同品种蚯蚓对土壤中六六六消失速度的影响不同，如赤子爱胜蚓的影响大于威廉环毛蚓（P.guillelmi）。

（二）南方片：在江苏、浙江两地，选择有代表性的、不同类型的水稻土进行室外模拟（盆栽）和大田定点（浙江省萧山县西兴公社）观察试验。

1.应用放射性碳—14标记六六六研究浙江省三种主要稻田土壤中六六六的残留动态[2]

试验表明：施药后，土壤中六六六主要残留在0～5cm的表层中，占总残留量79.16～96.1%，随土层向下，六六六残留量迅速下降，这说明六六六在土壤中不易随溉灌水向下移动，对地下水污染影响不大。六六六在不同种类的水稻土中渗透（移动）的能力也不同，其顺序为：红壤＞青紫泥＞小粉土。

2.应用放射性碳—14标记六六六和普通六六六农药制剂研究六六六在苏北盐碱土和苏南粘性水稻土中的消失动态[14]

试验表明：在相同施药量的条件下，盐碱土中六六六消失较快，经一个水稻生育期后，土壤中六六六平均有80～90%消失掉，盐碱土中六六六残留量仅为苏南粘性水稻土中的50%左右。这可能是由于六六六在碱性条件下容易降解。同时盐碱土中六六六向下层移动也较多。并发现在土壤上有否栽种水稻与六六六的残留率有一定影响。

为了评价不同施药方式对六六六药剂在水稻植株上滞留程度的影响[18]，采用模拟试验测得用泼浇方式，在植株上滞留的六六六仅4.7%，而95%以上撒落在稻田上。一部分也可能随空气飞散掉。滞留在稻株上的六六六，若遇2小时内降雨，有90%左右六六六可被冲洗下来。撒落在稻田上的六六六药剂，不论是苏北盐碱土还是苏南水稻土，除一部分挥发和向土壤下层渗透外，80%以上的六六六积聚在0～3厘米的表层土壤中。

3.大田定点试验，观察六六六四种异构体在水稻土中的残留动态[4]，[6]

在浙江省萧山县西兴公社杜湖大队的试验基地，共有稻田892亩，经定位、定期采样测定，按水稻土壤中四种异构体的百分率来说，以β体残留率最高。这主要由于β体性能比较稳定，分解较慢。其次为α体，这主要α体在原六六六制剂中含量最高（占总六六六的55～70%），其它γ体和δ体残留量比例就较少。从80～81年，二年大田定点试验观察，β体六六六在表层土壤中占总六六六残留量的50%以上，含量一般为0.25～0.36ppm。

4.不同土壤对六六六的吸附能力不同[18]

室内模拟试验表明：肥力高的粘性水稻土的吸附力较肥力低的盐碱土高三倍，同时六六六在土壤中的降解速度也不同，粘性水稻土要比盐碱土快一倍，这可能肥力较高的土壤，有利于微生物的活动，促进土壤中六六六的降解。

82年进一步利用五种不同地区的水稻进行试验表明[15]，同种土壤对^{14}C—六六六的吸附与溶液中^{14}C—六六六含量是正比关系，因此，在一定浓度范围的六六六水溶液中（1.548—6.194μg/ml），各种土壤的吸附率基本保持一致，此外各种土壤对^{14}C—六六六的吸附率（y）与其有机质含量有密切关系，呈显著的正相关（$\gamma=0.9773$）其线性回归方程式为$y=69.58+3.524x$，由于六六六在土壤中的残留水平与土壤的吸附率也有密切关系。因此，利用土壤中有机质含量的测定，可以预测土壤中六六六残留水平。

第二　农田施用六六六后对生态系中水体的影响

为了摸清六六六及其四种异构体在水体和土壤渗透水中的迁移、分布，积累和消失动态，采用室内外模拟试验和大田定点观察相结合方式进行研究。

（一）应用放射性碳—14标记化合物研究六六六在稻田水体中的迁移和消失[2]，[3]

1.施用六六六后，对稻田排放水的污染[2]

水稻田施用六六六后，大部分为稻田土壤所吸附，由于灌溉水或降雨，使稻田溢水排放，在排放水中六六六流失量不大，并且不同种类水稻土之间，流失量差异不大，施药后五天降雨，排放水中六六六残留量为0.0095～0.012ppm。

2.模拟池塘水体中六六六的消失动态[3]

池塘水中六六六含量随时间延长而下降，但在0—6小时下降最快，1天以后消失减慢。

3.六六六在土壤渗透水中的迁移[14]

利用水稻盆栽模拟试验，土壤中^{14}C—六六六可随灌溉水向下层土壤渗透，但渗透量不大，在前期（孕穗期前）渗透较快，而后期有所下降。不同土质渗透性不同，如沙性盐碱土较之粘性水稻土易于向下渗透，但是六六六渗透量极微，一般都在ppb级水平，稻田土壤中六六六通过地表水排出的为0.67～0.76%，通过渗透水排出的在0.01～0.09%。因此，土壤中的六六六因渗透而造成对地下水污染的可能性较小。

（二）大田施用六六六后，对稻区中水体的污染[4]，[6]

1.从大田定点定时观察，稻田使用六六六后对稻区内的水体（池塘和水沟）的污染

稻区内水体的污染与稻田用药水平及用药时间有关，而塘水中六六六残留期的高峰期与稻田施药期密切相关。如在稻田未施药前，塘水中六六六含量检出范围为1.13～1.88ppb，而施药后（甲六粉0.5斤/亩），塘水中六六六含量升高至14ppb左右增加10倍左右，若稻田施药量增加到甲六粉1斤/亩时，则塘水中六六六含量增高至43.6～50.2ppb。如果继续施药或增加施药量2～2.5斤/亩时，则附近塘水中六六六含量迅速上升至100甚至200ppb以上。

2.稻田土壤中各种六六六异构体向水体的迁移

通过稻田土壤与附近塘水同步取样检测结果表明：在短期内水体中各种六六六异构体的比率与周围稻田土壤中各异构体含量所占比例是相应的，例如土壤中β体（69.3%）＞α体（13.8%）＞δ（10.8%）＞γ体（6.1%），而水体中六六六各种异构体的比例顺序仍为β体（57.0%）＞δ体（33.7%）＞α一体（7.5%）＞γ体（1.8%）。但是当稻田大量施药后，稻田灌溉水（或降雨后）流至塘水中，使水体中α、γ体比例相应增加，特别δ体有显著增加。1981年检测六六六各种异构体在水中的持留性（半衰期），α体为4.5～6.6天；β体为7.3～22.4天；γ体为5.4～5.5天；δ体为6.6～9.4天。

第三　农田施用六六六后，向附近空气中的扩散[5]

农田施用六六六后，对附近大气造成的污染，主要来自两个方面：一是喷洒农药时，六六六随空气飘浮向附近大气扩散。另一是六六六施于作物上或散落于土壤上，一部分还随雨水或排放水流入水体中，也会因挥发作用或与水分的共蒸发，扩散到附近的空气中。

1.各种六六六异构体在空气中的残留动态

施药后，在周围空气中六六六的检测率达到100%，其中以α一体为主，这与α体在六六六制剂中的含量比例较高（占55～70%）和蒸气压也较高有关，其次为γ一体。β体六六

六虽在制剂中所占比例与γ一体大致接近，但其蒸气压最低，而δ体蒸气压虽与α体相近，但其在制剂中的含量最少。所以，在大气样品中一般检测不到β一体和δ体。

2.不同施药时间对大气中六六六污染的影响

大田定点检测结果表明，采样点附近农田施用乙六杀螟粉，当天大气中六六六含量高达5.78微克/米^3（ppt），一星期后采气样检测大气中六六六含量已降至2.91微克/米^3(ppt)，同时，大气中的六六六随气流向四周扩散，其浓度随距离而呈梯度下降。

3.不同施药方式对大气中六六六污染的影响

大田中施药方式不同，对大气中六六六的污染程度也不同，总的来说，使用喷洒的方法其污染程度较拌土撒施来得高。

第四　农田施用六六六对农业生态系中陆生生物的影响及其对生物体内的残留动态

农田施用六六六后，在农业环境（土壤、水体和空气）中的运动规律和所产生的影响，已如上述。同时环境中的六六六残留物也会对农业生态环境中的各种生物体产生直接或间接的影响。

（一）六六六与农作物间的相互影响[2]

1.稻田使用六六六后，在水稻体内各部位中的分布和残留[2]

应用放射性碳—14标记六六六，按大田施药量撒施于模拟的稻田中（盆钵）。水稻成熟后，采样分析，水稻植株中均有六六六残留，而各部位中六六六残留含量的顺序是：稻根＞稻草＞糙米＞谷壳。若按每亩每次施2.5斤3%甲六杀螟粉，用拌土撒施四次后，收获的糙米中六六六残留物均已超过0.5ppm的允许标准。因此，必须严格控制六六六的施用量和施用次数，同时为了减少对下季作物的污染，应该挖除残留在稻田土壤中的稻根。

1982年进一步利用^{14}C标记“甲六杀螟粉”在模拟水稻大田生产条件下试验[17]。观察到六六六施入稻田后，经26～39天后，在土壤表层（0—10厘米）中，有50%以上的^{14}C—六六六以结合态（丙酮不溶性）^{14}C—残留物存在。在水稻植株各部位中不论六六六总残留物，丙酮可溶性，还是丙酮不溶性六六六残留物都是稻草＞糙米＞谷壳，但是不溶性残留物（结合态）在总残留物中的比率都是糙米＞谷壳＞稻草。这可能是土壤中^{14}C—六六六为水稻根系摄取后，运转到稻草，最后在糙米中积蓄变成不溶性（结合态）^{14}C—残留物。

2.不同水稻土中水稻根系吸收六六六的能力也有差异，进一步影响水稻植株中六六六残留量。从浙江省三种主要水稻土的试验中表明，在相同施药量和施药条件下，稻株中六六六残留量的顺序为：小粉土＞红壤＞青紫泥。

在江苏省二种主要水稻土的模拟比较试验中，苏南粘性水稻土上水稻中的六六六残留比苏北盐碱土上水稻高。但是在植株各部位中六六六残留量分布的次序，基本都是一致的。

1982年利用了^{14}C—标记化合物研究了六六六在水稻和土壤中的残留动态及其不同形态残留物间的相关，试验表明：在土壤中^{14}C—六六六的残留量随着时间不断消失，其中丙酮—石油醚可溶性^{14}C—残留物消失较快，有一部分转化为结合态，而结合态^{14}C—残留物却变化很慢。水稻根系能从土壤中不断摄取^{14}C—六六六并进一步将^{14}C—六六六运转到稻株地上部（茎叶）中，但一般在根系中，六六六的总残留物比茎叶高2～3倍。在水稻地上部中丙酮不溶性（结合态）^{14}C—残留物的比率变化与土壤中一样，也是随着时间逐渐增加，说明六六六在水稻体内有一定的积累作用。

土壤中六六六的含量与稻株中六六六残留量之间呈明显的相关性。水稻地上部和地下部对土壤中六六六总残留物的浓缩倍数，均随时间不断增加。

3.在江苏省的稻田生态模拟试验中[14]，观察到不同土壤肥力，对六六六在土壤中的吸附性能有较大影响，进一步影响水稻根系对土壤中六六六的吸收率，例如，生长在土壤肥力较高的苏南粘性水稻土上水稻植株中六六六的残留量，就较生长在土壤肥力较低的苏北盐碱土上水稻植株为低。

六六六在土壤中的分布状态对水稻的吸收率和残留量也有影响，将六六六药剂均匀拌和在土壤中，水稻对六六六的吸收率为0.03～0.04%。

4.土壤中六六六对小麦生长发育和残留量的影响[10]、[19]

通过1980～1981年对北京通县小麦地沙壤土上施用六六六后的试验表明：

（1）土壤中六六六对小麦生长发育有一定的影响

当土壤中六六六含量为50ppm时，小麦根系开始出现变短变粗的药害现象。随着其浓度进一步增高，这种现象越来越明显，而小麦的株高也逐渐降低。但对小麦的分蘖影响不大，只有当土壤中六六六的含量高至500ppm时，对小麦分蘖才有明显的影响。当2000ppm时根本不能出苗。

（2）土壤中六六六能被小麦根系吸收，并运转到小麦植株各部位，土壤中六六六含量对小麦中六六六残留量有直接的影响：

小麦茎叶中六六六的残留量一般高于土壤中六六六含量的1～3.3倍，平均为2倍。而小麦籽粒中六六六的残留量却只有土壤中六六六的含量的1/7～1/50。当土壤中六六六的含量在0.4～46.2ppm的范围时，小麦籽粒中残留量与土壤中六六六含量（0.4～46ppm）呈回归直线相关：

$$y = 0.0012 + 0.0061x$$

$$\gamma = 0.951 \quad (P < 0.01)$$

小麦茎叶和麦苗中六六六残留量与土壤中六六六含量呈线性关系。

5.玉米对土壤中六六六的吸收[13]

玉米能吸收土壤中的六六六，并向植株各部位转移。试验表明：玉米各部位中六六六的残留量顺序为：根＞茎叶＞籽粒。而六六六的四种异构体在玉米内的残留情况是：β一体在茎叶中含量占总残留量的52.13%，而在籽粒中仅占5.88%；相反的α一体和γ一体在茎叶中分别为27.06%和8.05%，而籽粒中则分别为47.06%和35.29%，表明在玉米植株内α体和γ体比β体更容易自茎叶向籽粒转移。

（二）六六六与土壤微生物间的相互影响[10]、[19]

1.不同浓度六六六对各种土壤微生物生长的影响

土壤中六六六残留量在0.1～26ppm时，对土壤微生物数量没有明显的影响，但从一个月以后测定，表现出一定的刺激作用。

各种土壤微生物对六六六的敏感程度差异很大，固氮菌最不敏感，当六六六浓度高达1000ppm时，才表现出较强的抑制作用。而枯草杆菌最敏感，当土壤中六六六含量为70ppm时，就不能存活了。如以存活率30%为指标，对大多数土壤微生物是70ppm为初步敏感界线，若以存活10%为指标，则枯草杆菌，大豆根瘤菌、花生根瘤菌、大草孢杆菌、木霉

菌、紫云英根瘤菌、含脂螺菌、园褐固氮菌敏感界线依70～1000ppm呈梯形上升。由于田间耕作土壤中六六六含量一般不会达到70ppm，因此，一般农田中六六六不会对土壤中有益微生物的存活产生毒害作用。

另外，土壤中六六六（0～100ppm）对微生物的呼吸强度、纤维分解强度、解磷强度等都没有明显的影响或规律性。

2.土壤微生物对土壤中六六六的降解作用[19]

六六六对各种土壤微生物的生长有不同程度的影响，同时各种土壤微生物对六六六的降解显示出不同程度的促进作用。土壤类型不同（壤土、粘土、盐碱土和沙壤土）中六六六的降解速率也有差异，这与土壤理化性质有关，当土壤pH值＜8.3时，六六六在土壤中降解较慢，当pH＞10时，土壤中六六六降解加快，以上四种土壤pH值均在8.3以下，发现土壤中有机质含量对降解速率也有一定影响，有机质含量高为土壤微生物的生长繁殖提供良好环境，使降解六六六的微生物活性加强，加速土壤中六六六的降解。

从以上四种不灭菌土壤在30℃培育10天和180天。比较六六六的四种异构体的降解速率，α一体降解最快，而β体降解最慢，各异构体的降解大小顺序均为α＞δ＞γ＞β。

（三）六六六与土壤无脊椎动物——蚯蚓间的相互影响[12]、[13]

蚯蚓的存在和活动有助于土壤空气流通和水分的渗透，促使土壤肥化，同时，它也是生态环境中某些小哺乳动物和鸟类的食物源。因此，六六六对蚯蚓产生的影响，不仅对蚯蚓的种群数量有影响，同时还进一步影响土壤构造和性能。从1980～1981年的试验表明：

1.蚯蚓对土壤中六六六的吸收，积累和残留[12,23,24]

从“赤子爱胜蚓”和“威廉环毛蚓”这二种蚯蚓的试验中表明，在土壤中六六六含量为1.61ppm时，六六六对蚯蚓的生长不产生明显影响，反而不断地从土壤中吸收六六六。在开始7天里吸收相当快，7～28天为吸收的高峰期，28天以后蚯蚓体内六六六残留物迅速减少，至42天趋于平衡状态。同时看出蚯蚓吸收六六六存在着种间的明显差异，如小型种“赤子爱胜蚓”积累量为2.25～16.28ppm，生物浓缩系数为5.6～11，而大型种“威廉环毛蚓”积累量则为1.11～5.65ppm，而生物浓缩系数为2.3～5.3。

野外调查和室内模拟试验的结果都表明，蚯蚓体内残留六六六总量与土壤中六六六残总量比较，具有一定的相关性（呈正相关）

2.六六六不同异构体在蚯蚓体内的生物浓缩系数

栖息“威廉环毛蚓”和“赤子爱胜蚓”的土壤中各种六六六异构体的平均残留量都是依下列顺序递减：β＞δ＞α＞γ。它们占残留物总量的百分率与六六六原药中各异构体百分率比较：α一体六六六百分率明显下降，从67.39%下降到20.40%和18.18%，而β体六六六则明显增高，从11.96%提高到46.94%和43.18%，这可能是与α体六六六的蒸气压高于其它异构体，消失得快，而β一体六六六的蒸气压低有关。

六六六各异构体在蚯蚓体内的平均残留量均较土壤中相应的异构体残留量高，说明蚯蚓对六六六各种异构体均有一定的生物浓缩作用，六六六各种异构体在威廉环毛蚯体内的残留量依次顺序为：β＞δ＞γ＞α，而“赤子爱胜蚓”则为：β＞δ＞α＞γ。

蚯蚓体内各异构体含量占总残留物的百分率与土壤中各异构体的百分率，均有变化，蚯蚓中α一六六六的百分率低于土壤，而γ一六六六则高于土壤，β一和δ一六六六均接近于

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

土壤中的百分率，这说明蚯蚓对各种异构体的生物浓缩也有一定的选择性。

（四）六六六农药经食物链（蚯蚓—鹌鹑）的浓缩作用

试验结果表明，土壤中的残留六六六农药经过蚯蚓—鹌鹑食物链而得到逐级浓缩。如土壤中六六六残留量为0.51ppm→蚯蚓（养殖50天）体内为1.63ppm（浓缩3.2倍）→鹌鹑(喂食这种蚯蚓10天）体内为2.35ppm（浓缩1.45倍）。土壤中六六六再到鹌鹑被浓缩34.65倍。

试验还证明，鹌鹑累积六六六主要是在脂肪里，而且主要是β—六六六，至于其它组织（如脑、肝、肌肉），体液（如血浆）等以及六六六的其它异构体的含量一般都不高。如脂肪（2.36ppm）>脑（0.3ppm)>肝(0.08ppm）>肌肉（0.07ppm）>血浆（0.06ppm)。β—六六六在土壤中为0.37ppm→蚯蚓为0.73ppm（浓缩近2倍）→鹌鹑为2.21ppm（浓缩3倍）。自土壤经蚯蚓再到鹌鹑被浓缩了6.02倍。

（五）六六六等农药对农田害虫天敌的影响

生产实践证明，施用六六六防治害虫起到积极的作用，但是长期施用后，不仅害虫产生抗药性，同时又杀伤了害虫的天敌，使作物害虫再猖獗，因此，研究六六六对水稻、小麦主要害虫天敌的影响，为控制合理使用六六六提出科学依据。

1.六六六等农药对稻田害虫天敌的影响[7]

从浙江省温州市郭溪公社和萧山县西兴公社二个试验基地的大田和室内试验结果表明：

（1）大田使用甲（乙）六粉防治水稻的二化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱等害虫的效果都不好，虫口下降率或死亡率约在50—60%以下，以稻纵卷叶螟最低，而对其天敌的影响，以黑肩绿盲蝽和青翅蚁形稳翅虫，伤害最大，蜘蛛次之，寄生蜂较少些。天敌下降率随用药量的加大而增多；同一用药量因施药方法不同而异，对捕食性天敌是泼浇>喷雨>毒土，对寄生性天敌是喷雨>泼浇>毒土。

黑肩绿盲蝽用甲六粉，每亩1斤、2斤、3斤，三天和十天后，下降39.1—100%，不用药区比用药前增加0.25—2.8倍；青翅蚁形稳翅虫2斤/亩、3斤/亩，三天后下降89%，十天后降5.6—17.3%，比施用杀虫脒、甲胺磷为高；蜘蛛2斤/亩、3斤/亩，三天后分别降33.1—73.5%、56.6—75.6%，其中狼蛛比草间小黑蛛下降率高36.6—76.2%。十天后蛛量虽都有回升，但未用药区>2斤/亩>3斤/亩、二天后赤眼蜂寄生率比对照低11.1—30.2%，羽化率低14%，而2斤/亩、1斤/亩就少一些，缨小蜂寄生率均比对照低，羽化率仅3斤/亩比对照低，稻纵卷螟绒茧蜂7月份影响不大，9月份2斤/亩寄生率均为0，对照为21.4%。

（2）室内试验：草间小黑蛛的校正死亡率与田间结果一致，甲六粉3斤/亩、六六六1斤/亩>甲六粉2斤/亩、1斤/亩，甲胺磷0.5两/亩和甲基1605 30克/亩，其中大蛛>小蛛，雌蛛>雄蛛；青翅蚁形隐翅虫，甲六粉2斤/亩，3斤/亩均100%死亡，而杀虫双、速灭威、杀虫脒校正死亡率均为2.7%；赤眼蜂喷施不同量甲六粉，其死亡时间比对照要早64—72.5小时，缨小蜂早18—23.2小时，蜂的死亡时间与用药量成负相关，但对稻虱、红螯蜂茧羽化率影响不大。

因此，从农田生态平衡出发，稻田不宜多用六六六[及甲（乙）六粉]，严格限制用量，控制使用，以保护水稻害虫天敌，如一定需要使用甲六粉时，以拌土为宜，每次每亩不超过2斤。

2.六六六对麦田害虫天敌的影响[8]

北方麦田经常施用六六六防治麦蚜后，对其主要天敌——七星瓢虫（Coccinella Septempuncfala L.）、麦蚜茧蜂（Aphidius sp.）、食蚜蝇等的伤害，由于长期使用六六六已逐渐失去防治麦田害虫的效果。

（1）在北京海甸区麦田进行六六六与其它杀虫剂（乐果、抗蚜威、杀灭菊酯）对麦田害虫的防治效果和对其主要天敌的对比试验。试验表明：

（a）比较四种杀虫剂对防治麦蚜的效果："抗蚜威"（7克/亩）＞"乐果"（15～20克/亩），"杀灭菊酯"（3克/亩）＞"γ—六六六"（10克/亩）。以γ—六六六防治效果最差。而对食蚜蝇幼虫都有很强的杀伤作用，除杀灭菊酯死亡率为88.47%外，其余都在95%以上。对蚜茧蜂成虫发生的数量，施用杀虫剂后均有下降，其伤害影响为六六六＞抗蚜威＞乐果、杀灭菊酯。

（b）以上四种杀虫剂对七星瓢虫都有影响，但六六六影响最小，而抗蚜威、乐果、杀灭菊酯影响都比较大，从有株蚜量与瓢虫数量比来看，防治蚜虫早的，对瓢虫影响较小，蚜虫与瓢虫比例都比对照小。防治晚的，除六六六对蚜虫与瓢虫比例比对照区小外，其余乐果、杀灭菊酯却比六六六增加，尤其高浓度的乐果杀伤大量瓢虫，既不利控制蚜虫量，也不利于保护其天敌。

（2）1982年在室内使用六六六等四种杀虫剂对七星瓢虫各个虫期的毒力进行比较测定。对防治麦蚜、抗蚜威对七星瓢虫最安全，其次是杀灭菊酯，第三是六六六，最不安全的是乐果。对蚜茧蜂寄生蚜虫形成的僵蚜，通过浸渍试验表明：使用比田间高容量浓度大九倍的抗蚜威，杀灭菊酯及乐果对僵蚜的羽化率都无影响，但γ—六六六稍有影响其LC_{50}为264.5 ppm。

对蚜茧蜂成虫的影响用喷雾法测定，在比常规浓度低一倍的药剂即可全部杀死，其中乐果和六六六毒性最强，但防治麦蚜时田间中蚜茧蜂成虫很少，因此影响不大。

在小麦上施用γ—六六六15克/亩两次，收获小麦中的六六六残留量均未超过规定。

第五　农田施用六六六对农业生态系中水生生物的影响及其在生物体内的残留动态

农田施用六六六后，通过排灌水、雨水或渗透水而进入附近池塘和河沟之中，对水体造成污染，使各种水体中的水生生物受到影响，其中鱼类富集的六六六最高，危害最大。不同的水生生物对六六六的富集能力不同，就是同一种水生生物，不同生长期，不同品种对六六六的富集程度也不同。通过三年来室内外试验，结果如下：

（一）六六六在水生生物体中的富集

1.水草（Ceralophyllum demersum）[4]

从浙江省萧山县试验基地的几个水塘中检测到，当水体中总六六六残留量在1ppb左右时，水草中六六六的富集系数约为100倍以上（110～127.6）。

2.水浮莲[8]

从^{3}H标记六六六的示踪试验表明，水浮莲能从池塘中吸收六六六，但吸收很慢，从第7天以后才达吸收高峰，以后又逐天下降，但根部的残留量比叶片为高。从总六六六含量看，水浮莲富集六六六的作用不大，远比水草低。

（二）六六六在两栖动物（黑斑蛙Rana nigromaculate H）体内的富集[4]

从浙江省萧山县试验基地的池塘中取样检测到，不同时期蛙体内六六六残留量差异很大。在5～10月份，蛙体内六六六的平均生物浓缩系数为412.9（变动幅度为166.4～584.7之间）。同时也观察到当水体中六六六含量升高后，虽然蛙体中六六六残留量也相应增大，但生物浓缩系数却随水体中六六六含量提高而逐渐降低。在11月中旬，曾对越冬蛙体进行检测，有的蛙体内六六六的残留量竟高达20.9ppm，这主要由于10月中旬，水塘四周稻田大量使用六六六制剂防治褐稻虱，蛙体一面承受污染的水体影响，另一方面也取食了六六六中毒的害虫，导致体内六六六含量骤增。

（三）六六六在水生生物体内的富集

1.河蚌（Anodonta woodiana pocifea）[4]

从浙江省萧山县试验基地池塘中取样检测到河蚌内六六六的富集程度似乎是水生动物植物中较低的一类。当塘水中六六六含量为1～50ppb时，蚌体内六六六富集系数约在60～90之间。

2.螺蛳（Bellnaga purificatc）[1]

同样从基地池塘中取样检测到，螺蛳对六六六的富集能力也不强，其富集系数在30～65之间。从模拟池塘水（含^{3}H标记六六六）玻璃钵中放养螺蛳的试验中，观察到螺蛳吸收六六六很慢，到14天时才达到吸收高峰，以后逐渐下降。

3.鱼类

（1）水体污染程度与鱼体中六六六蓄积量的相关性[4]

从萧山县试验基地中几个池塘内鲫鱼体内六六六含量的检测表明：在水体中六六六含量稳定的状况下，六六六在鱼体肌肉中的生物浓缩系数为100左右。一般说在水中六六六含量高峰期（130～200ppb时）取样，鱼体中六六六的生物浓缩系数较低（约为30～45），而当池塘水中六六六含量下降到10ppb左右时，此时测得鲫鱼体中生物浓缩系数为200左右。

（2）六六六在鱼体不同部位中的富集

试验表明，在池塘中检测到的几种鱼类[4]，六六六的富集程度均是内脏显著大于肌肉。当池塘水中六六六含量在2.30～50.21ppb幅度内，鱼肉中浓缩系数变动幅度为31.7～231.4（高低相差7.3倍），内脏的浓缩系数变动幅度从122.4～949（高低相差7.8倍）。平均比肌肉高1～4倍。

应用同位素标记H^3—六六六的模拟池塘试验[1]，研究^{3}H—六六六进入鱼体的速度和鱼体各部位的分布。六六六进入鱼体内速度较快，在2小时后，鱼肉中即发现六六六（0.0325ppm），同时，随着时间增长，体内六六六含量不断增高，到7天时，鱼肉中六六六含量从0.0325ppm增至1.047ppm。鱼鳃中从0.0755ppm增至11.984ppm，鱼骨内，从0.211ppm（1天时）增至11.06ppm。所以，七天时六六六在鱼体各部位中高低顺序为：骨＞鳃＞肌肉。

（3）不同种类鱼体对六六六的富集能力也不相同[4]，这与鱼类的食性和体内脂肪含量有一定关系。从萧山县试验基地池塘中捕捞的四种鱼类（鲫鱼、白鲢、草鱼和鲤鱼）分析测定结果表明：植食性的，体内脂肪含量少的草鱼，不论在鱼肉和内脏中六六六含量均低于其它鱼种。上述四种鱼类肌肉和内脏中的六六六含量分别如下：

残留量及浓缩系数 / 种类	鱼肉（背腹肌）		内脏	
	含量（ppm）	浓缩系数	含量（ppm）	浓缩系数
鲫鱼Carassius aursatus	1.592	31.7	6.140	122.5
白鲢Hemicultes leuciculus	4.265	83.0	6.042	120.3
草鱼Clcnophayngodeu ipellus	0.752	15.0	3.007	59.9
鲤鱼Cyprinus carpio	2.922	58.2	4.742	94.5

池塘水中六六六含量为0.05ppm.

第六　农田施用六六六后在稻区农业生态环境中的去向[2]、[3]

这方面试验，采用模拟生态系统和放射性^{14}C—六六六示踪方法进行研究。

（一）六六六施入稻田后在农业生态环境中的去向

1.在水稻施用六六六后，它的去向主要有以下几方面：在水稻成熟后残留在土壤及水稻植株中分别占六六六施入量的12.18～14.7%和1.83～2.48%；随稻田排放水（地表径流水）流失的六六六约占施入量的0.047～0.054%，很大部分是在施药时飞散到空气中或者撒落到稻田后，挥发和分解掉。

2.残留在水稻植株中的六六六在各部位中的含量差异也很大。在三种浙江省主要水稻田土壤的试验。植株中残留的六六六，极大部分残留在地下部分的稻根中，占植株总残留物的73%以上；而在地上部分较少。地上部分的六六六残留物以稻草中最高，达5.87～10.99ppm。糙米次之为1.09～4.39ppm；谷壳中六六六较糙米略低，为1.09～2.53ppm。

3.残留在土壤中的六六六，主要积聚在0～5厘米的表层土壤中，占土壤中总残留量的79.8～96.1%，六六六残留量可高达2.1～3.15ppm。在5～10和10～20厘米土层中，含量极大部分低于0.253ppm。可见稻田中六六六不易随灌溉水向下渗透移动。所以对地下水污染威胁不是很大，六六六在不同水稻土层中，向下移动的程度不同，其顺序为红壤＞青紫泥＞小粉土。故六六六在红壤中的流失较其它土壤容易些。同时，土壤的性质对六六六在水稻植株中的残留量也有影响，六六六在糙米、谷壳、稻草、稻根中的残留量，都是以小粉土＞红壤＞青紫泥的次序。

（二）在模拟池塘水体中六六六的去向

1.在20立升的模拟水生生态系中，放养非洲小鲫鱼、螺蛳和水浮莲。在水体中^{14}C—六六六浓度为0.32ppm，经一定时间后，池塘水中部分六六六就转移到水生动物体内，一部分残留在池水和底泥中。还有少量转移到水生植物水浮莲，另外还有相当部分因挥发而损失。

2.不同水生生物对六六六的摄取差异很大。其中鱼体对六六六的吸收能力最强，整个鱼体（包括内脏）对六六六的浓缩系数可达495。螺蛳对六六六也有一定的富集作用，带内脏的螺体对六六六的浓缩系数也可达91.6，若除去内脏，则鱼肉和螺肉中六六六的浓缩系数，则分别为47.5和39.4。这些试验结果与萧山县试验基地的池塘中所检测的数值基本相符。

第七、三年试验的主要结论：

农田使用六六六后，进入环境中，并在农业生态系中扩散、迁移和循环，并在各种环境介质（土、水、气）及生物体系（动物、植物、微生物）中积累，转化和残留。同时六六六残

留物也对陆生或水生生态中的各种生物引起不同的效应，兹将三年来的主要试验结果系统归纳如下：

（一）六六六在环境中的动态

1.六六六在土壤中的移动性不大，施药后80～95%积累在农田表层0～5厘米的土中，5～10、10～20厘米土层中很少。由于六六六水溶性较低。迁移距离与土质有关，浙江：红壤＞青紫泥＞小粉土；江苏：盐碱土＞粘壤土，由于土壤中渗透量很小，因此对地下水污染很少，土壤中有一部分六六六可以随降雨后地表径流水或稻田排放水，流入河沟、池塘，其量不多（ppb）级，但水中六六六浓度与施药水平，次数和时期关系密切。

六六六进入土壤后，能为土壤所吸附，吸附量与土壤中有机质和粘土的含量有关，因此肥力高的土壤吸附性强，六六六在土壤中的降解、消失、速度与土壤性质和环境条件有密切关系，在水田中的降解，消失速度较旱田快。土壤中微生物和蚯蚓的存在能促进六六六的降解，不同六六六异构体在土壤中的降解消失速度差异很大，其中β体最慢，α和γ体最快。

2.六六六进入农田生态系（河沟、池塘）水体环境中，六六六含量大部分在10～200ppb范围内，开始挥发消失较快，以后逐步减弱，在水体中六六六残留物中各种异构体的比率，在开始短期内与土壤中的比率是一致的，以后略有变化，经分别测定，一般消失半衰期α—4.5～6.6天，β—7.3～22.4天，γ—5.4～5.5天，δ—6.6～9.4天。

3.喷施农药和土壤水体中残留六六六的挥发均能使六六六扩散到附近大气环境中，施药方式对空气的污染有关，喷雨较拌土为严重，主要是α体次为γ体，β和δ体较少，浓度较一般水体中为低。

（二）六六六对陆生生物的影响及其生物体的残留动态

1.六六六对作物（水稻、小麦、玉米、棉花）的生长发育有一定的影响，但只有在较高浓度下，才有明显症状，如小麦，当50ppm时，根系才出现变短、变粗，500ppm时，对分蘖有影响在一般农田情况下，对作物生长均无影响（甚至发现在较低浓度时对棉花等某些作物有一定刺激作用。

作物根系吸收土壤中六六六后，能转移到植株地上部，在各部位中六六六的残留量，水稻中：稻根＞稻草＞糙米＞谷壳，玉米中：根部＞茎叶＞籽粒，小麦中：茎叶残留较土壤中残留量高1—3倍，籽粒却只有土壤的七分之一～五十分之一。不同稻田土壤，对水稻植株中六六六的残留量有一定关系，在浙江省水稻土中，其顺序为小粉土＞红壤＞青紫泥，江苏省水稻土中：粘性土＞盐碱土。不同施药方式对稻株上六六六残留量也有影响，如采用泼浇方式只有4.7%的六六六滞留在稻株上，95%散落在稻田中或随空气飞散。直接施在土壤中的六六六，与土层全面拌匀的，水稻的吸收率为0.03～0.04%，而施在0.5厘米土层中，吸收率为0.12～0.3%，植株中六六六残留物中各种异构体比率也各不相同，例如在玉米茎叶中β体比率高达52.13%，而在籽粒中只有5.88%，相反α和γ体，在茎叶中分别为27.06%和8.05%，而籽粒中分别为47.06%或35.09%。

2.六六六对不同微生物的敏感性差异很大，例如固氮菌要到100ppm时才能表现出较强抑制作用，而枯草杆菌很敏感10ppm六六六时就不能存活，但在一般农田土壤中，六六六浓度不会超过10ppm，对土壤中有关微生物的存活不会产生毒害作用。

3.在一般农田土壤中（六六六1.61ppm）对蚯蚓的生长不产生明显影响，而能从土壤中吸收六六六，开始7天吸收最快，以后减弱，42天达到平衡。不同品种蚯蚓对六六六生物浓缩系数不同，小型种赤子爱胜蚓为5.6～11，而大型种威廉环毛蚓为1.11～5.65。不同异构体在蚯蚓体的生物浓缩系数也不同，其顺序为：β＞δ＞α＞γ。蚯蚓体中各异构体的残留物比率与六六六原药比较，α体降低，而β体明显提高。在蚯蚓中各异构体残留物的比率α体低于土壤、γ体高于土壤，β和δ体均接近于土壤。

4.土壤中的六六六农药可以经过蚯蚓、鹌鹑得到逐级浓缩，鹌鹑浓缩六六六主要是β—体，其它异构体含量都不高，而且主要集中在脂肪里，其它组织如脑、肝、肌肉以及血浆中的含量都很低。

5.六六六对作物害虫天敌也有很大杀伤力，稻田中使用甲（乙）六杀螟粉，对黑肩绿盲蝽伤害最大（50%），蜘蛛次之（减少11.25～56.22%），对寄生蜂降低寄生率5.8～22.6%，羽化率降低2.84～15.95%。草间小黑蜘蛛对六六六的耐药力，大蛛＞小蛛；雌蛛＞雄蛛。不同施药方法对害虫天敌的伤害影响，顺序为：泼浇＞喷雨＞拌土撒施。

使用六六六防治麦蚜时，对其主要天敌——七星瓢虫、麦蚜茧蜂，食蚜蝇也有很大杀伤力。对蚜茧蜂成虫发生量影响，其杀伤力顺序：六六六＞抗蚜威＞乐果、杀灭菊酯。而对七星瓢虫的影响，六六六较小，而乐果最大。γ—六六六对蚜茧蜂寄生蚜虫羽化率的影响不大，LC_{50}为264.5ppm，而对蚜茧蜂成虫毒性很强。

（三）六六六对水生生物的影响及其在生物体内的残留动态

1.六六六也能为水体中水生生物所吸收，但水浮莲吸收较慢7天后才达高峰，并且主要集中在根部，各种植物的富集系数不同，其中水草较高，当水体中六六六为1ppb时，富集系数超过100（110～127.6）。

2.六六六在两栖动物——蛙体内残留量差异很大，在不同时期中蛙体对六六六的生物浓缩系数幅度有很大变动，如5～10月份中平均为412.9（166.4～584.7）水体中六六六含量的增大，而其生物浓缩系数相应减低，在11月中旬，越冬蛙体中六六六残留量可以高达20.9 ppm。

3.各种水生动物对六六六的摄取能力不同，当塘水中六六六为1～50ppb时，河蚌的富集系数为60～90，螺蛳也很低，一般只有30～65。鱼类体内六六六的蓄积量与水体中六六六水平有关。当水体中六六六含量10ppb时，鲫鱼体内生物浓缩系数为200，当六六六含量为130～200ppb时，则浓缩系数下降为30～45。

4.鱼体内内脏中六六六含量显明高于肌肉，例如，鱼肉中生物浓缩系数为31.7～231.4，而内脏高达122.4～949，平均比鱼肉高1～4倍。

非洲鲫鱼摄取六六六很快，2小时后鱼肉中即发现有六六六，随着时间增长鱼体中六六六残留量不断增加，鱼肉中可超过1ppm，而鱼骨、鱼鳃中更高而达11ppm以上。

不同鱼类体内六六六残留水平不同，其顺序：鱼肉中：白鲢＞鲤鱼＞鲫鱼＞草鱼。内脏中：鲫鱼＞白鲢＞鲤鱼＞草鱼。它可能与鱼类的食性和体内脂肪含量有关。

（四）六六六在模拟生态系中的行为和去向：

1.水稻施用六六六后，待水稻成熟时，残留在土壤和水稻植株中六六六残留物分别占施入量的12.18～14.7%和1.83～2.84%，整个水稻生育期中，随稻田排放水的流失量为施入

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com