

中华人民共和国农业部主编

全国农牧渔业丰收计划丛书

土壤杀虫剂使用技术

罗益镇 牛瞻光 编著

农业出版社

(京)新登字060号

中华人民共和国农业部主编
全国农牧渔业丰收计划丛书

土壤杀虫剂使用技术

罗益镇 牛瞻光 编著

* * *

责任编辑 胡若予

农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 北京通县向阳印刷厂印刷

787×1092mm32开本, 5.375印张 113千字

1991年11月第1版 1992年 2月北京第2次印刷

印数: 8, 001-10, 600册 定价2.70元

ISBN 7-109-02257-9/S·1486

目 录

前言

第一章 地下害虫的生活规律	1
第一节 地下害虫的种类与发生动态	1
第二节 地下害虫的主要生物学特性	11
第三节 地下害虫化学防治方法的作用及其对农药的要求	23
第二章 土壤杀虫剂的基本特性	26
第一节 土壤杀虫剂的发展历史	26
第二节 土壤杀虫剂的基本特性	28
第三节 土壤杀虫剂的剂型	39
第四节 土壤杀虫剂的品种简介	45
第三章 土壤环境与土壤杀虫剂的关系	72
第一节 土壤类型对土壤杀虫剂杀虫毒力的影响	72
第二节 土壤杀虫剂的非生物降解与归宿	78
第三节 土壤杀虫剂的残留与微生物降解	87
第四节 土壤杀虫剂对土壤昆虫及其他无脊椎动物的影响	92
第四章 土壤杀虫剂的应用	99
第一节 粮食作物地下害虫的防治	99
第二节 花生地下害虫的防治	110
第三节 大豆地下害虫的防治	119
第四节 蔬菜地下害虫的防治	126
第五节 糖料作物地下害虫的防治	134
第六节 林果苗圃地下害虫的防治	138
第七节 牧草地下害虫的防治	142

第五章 土壤杀虫、杀线虫剂防治植物线虫病的应用	147
第一节 植物线虫病的种类及其危害特点	147
第二节 杀线虫剂的发展及其作用机制	150
第三节 杀虫、杀线虫剂防治植物线虫病的方法	152

第一章 地下害虫的生活规律

第一节 地下害虫的种类与发生动态

一、地下害虫的危害性

地下害虫是农业昆虫中一个大的生态类群，是指在其生活史中全部或大部分发育虫态生活栖息于土壤内，并危害植物地下部分的害虫，它是土壤昆虫的重要组成部分。其中除少数危害蔬菜、蘑菇的无翅亚纲的跳虫类，永久生活于土壤中外，绝大部分地下害虫的成虫期在地面活动营空间生活，危害植物的地上部分。所以地下害虫的生活环境包括地下土壤和地面两大空间，而土壤是其生活环境的主体，主要过着隐蔽的生活方式。按照这一概念，地老虎严格说来不属于地下害虫，因其只有老熟幼虫在土壤内化蛹，成虫产卵于地面上，低龄幼虫危害植物幼苗嫩叶，高龄幼虫才潜伏于土壤表层，危害植物地表嫩茎，其症状和所造成的后果与地下害虫相似。因此，习惯上也将其列入地下害虫（有时曾列入杂食性害虫）。地下害虫以其特殊的土壤生境，隐蔽的生活方式，不仅在虫体形态、生活习性上有多种形式的生态适应性，而且活动危害规律也多不同于地上的农业害虫，主要有以下几个特点。

（一）食性杂 地下害虫对植物的地下部分几乎没有选择性，且寡食性类群很少，各种作物包括粮、棉、油料、蔬菜、糖料、烟草、林果、中药材、牧草、观赏植物以及绿化和娉

乐运动场地的草皮等都有地下害虫栖息、危害。当然，也有些生活于荒地的昆虫取食杂草根，但它没有现实的经济意义，而一旦开荒农垦，则其即转化成为地下害虫。有些土壤昆虫原为腐食性，一旦开发种植农作物或增施有机肥，在适宜条件下转而危害农作物。这种情况在我国牧区及农区都有发生。毁林开荒、草场的开发都可能出现地下害虫的问题。

(二) 发生危害时期长 地下害虫由于种类多，生活周期长，在作物整个生长期内，多种害虫交错重叠发生，不仅在播种苗期，而且可持续危害到生长和收获期。特别在耕熟制由一年一熟改为二熟或三熟制后，作物生长期中发生地下害虫的危害是当前防治工作中突出的问题。因播种期防治方法简便，防治效果好，技术很易推广，而生长期防治时间性强，技术要求高，推广难度大。

(三) 危害性大 地上农业害虫，特别是食叶害虫危害对作物所造成的损害常常是间接的。而地下害虫则不同，苗期受害轻者缺苗断垄，严重者则需翻耕改种；生长期，尤其是油料作物（花生、大豆）生殖生长期，块根（茎）作物（地瓜、马铃薯、甜菜等）生长发育期受害，直接降低产量和品质，而且在地下隐蔽危害，常不易为人们所察觉，一旦发现，往往已经造成明显的不可挽回的经济损失。所以对地下害虫必须采取特定的调查研究方法和相应的防治措施，进行及时有效的防治。

地下害虫栖居生活的土壤环境相对说来比地面要稳定，除了人为因素及大旱和洪涝自然灾害以外，种群数量一般比较稳定，因而成为农业生产中一类常发性害虫。据 1981 年全国植物保护总站统计，全国地下害虫发生面积在 2 亿亩以上。特别从 70 年代中期开始，在全国范围内地下害虫中出现了以

蛴螬为优势种严重发生危害的趋势。甚至在新疆、青海、西藏等省也出现蛴螬、拟地甲等多种地下害虫严重发生，危害农作物、牧草的局面。1982年开始，在全国植物保护总站和中国农科院植物保护研究所的主持下，分别在安徽、江苏、山东、河北、辽宁等5省的重发生区建立了5个地下害虫防治试验示范区，历经3年，有力地推动了地下害虫的防治工作，防治技术也有了较大的发展与提高。

二、地下害虫的种类及其发生动态

我国地域辽阔，自然地貌、土壤类型、生态环境复杂多样，地下害虫据现有资料统计在320种以上，包括8个目，32个科。其中鞘翅目的蛴螬、金针虫、象甲、拟地甲等占总种数的57.8%，异翅目的根蚜、根蚧、根蟥占8.1%，双翅目的根蛆等占6.3%，鳞翅目的地老虎类占10%。从地下害虫防治技术的发展和种群结构与数量演变过程来看，当前地下害虫发生动态出现如下趋势。

(一) 优势种类互有消长演替 在50年代到60年代初期是蝼蛄、金针虫、蛴螬三大类地下害虫严重发生危害期，地老虎在平原洼地危害亦重。有机氯制剂（毒土、毒饵）是防治的主要手段，有力地控制了危害。在60年代中期到70年代初期，由于大力推广了乐果、对硫磷等有机磷农药拌种，基本控制了蝼蛄的危害，虫口密度显著下降，而蛴螬普遍回升，成为大害，金针虫局部发生较重。70年代中期到80年代以后，大力推广了辛硫磷、甲基异柳磷拌种，蝼蛄继续得到控制，金针虫明显回升，粮田蛴螬危害下降，而花生、大豆区危害仍较重。在此期间菜蛆尤其是蒜蛆、韭蛆出现普遍发生、危害严重的趋势。地下害虫种群结构间消长演替现象

是经常发生的。如山东半岛花生区蛴螬，大黑金龟子〔*Holotrichia oblita* (Falderman)〕被连续防治，数量下降后，暗黑金龟子(*H. parallela* Motschulsky) 又成为优势种，鲁西北大豆区，70年代毛黄金龟子(*H. trichophora* Fairmaire) 局部地区发生危害很重，到80年代已为大黑或暗黑金龟子所取代。人为的防治因素，作物植被结构的调整与栽种面积的扩大，天敌生物自然控制作用等都是引起地下害虫种群消长、演替的外部条件或动力。

(二) 新的或潜在性的地下害虫不断发生 由于生态条件的变化，科研工作的深入发展，相继发现不少地下害虫的新种、新记录或出现新的潜在性的地下害虫。这方面的实例很多。如小祖尾鳃金龟 (*Tanyproctus parvus* Chang et Luo) 被定为我国古北地区的一个新种，在山东丘陵、平原沙壤区春花生苗期危害甚重。山东、河南发生的珠绵蚧 (*Neomagarodes gossypii* Yang)、黑地球蚧 (*N. niger* Green)，危害大豆、花生根系。新疆发生的伪粉蚧 (*Pseudorhodania marginata* Borchs)、麦毛蚊 (*Bibio hordeiphagut* Yang et Luo) 危害小麦、青稞根部，成为当地的大害虫。在新疆西北部发生的多种草原拟地甲危害牧草等，都是我国地下害虫发生危害的新记录或新种。这不仅反映随着农牧业的发展出现新的虫害问题，也说明我国昆虫区系基础研究工作不断取得新的进展。

(三) 土壤生物群落结构出现新的变化 地下害虫是土壤生物群落重要组成部分，与其他土壤生物，包括寄生性的细菌(乳状杆菌)、真菌(卵孢与球孢白僵菌)、昆虫病原线虫、捕食与寄生性的土壤昆虫等，组成相互联系、相互依赖的食物链条结构，对地下害虫具有重要的控制和调节平衡作用。由于农药品种结构的调整和施用技术的改进，农村实行家庭

承包生产体制后，种植业结构的多样化，天敌生物数量增加，自然控制作用越来越明显，土栖天敌生物保护利用的研究工作有了新的进展。在山东花生产区已取得大面积保护利用土蜂控制蛴螬危害的经验。因此，研究地下害虫的防治技术必须从土壤生态系统整体来考虑，化学防治也要协调应用，避免或减少不良的生态后果。

三、地下害虫发生的区域分布

每种昆虫都有一定的分布范围和生活空间，不同地区内有不同种类的昆虫，没有一个地区昆虫种类是完全相同的。因此，了解地下害虫发生区域分布，不仅为因地、因虫开展防治工作打下基础，同时也是农业综合区划的主要组成部分，对整个植物保护工作都有直接关系。害虫的分布区和发生区的概念是不同的，分布区是指在一定地区内具有昆虫生存的条件，能够完成个体发育，并能留下有生命力后代的地区，具有点片，不连续分布性的特点；发生区是指害虫在分布区内，具有适宜繁殖的生态条件，数量增长，对作物造成不同程度经济损失水平的地区，并根据发生地区生态条件适合程度，形成常发区（猖獗发生区或发生基地）、波动区和偶发区，这是研究害虫区域分布的基本任务之一。自然景观（地形、植被、土壤、气候诸因素所构成的综合体）、农业生产（耕作制度、品种布局、栽培技术）以及害虫本身特性是影响害虫地理分布的综合因素，特别是土壤类型对地下害虫具有决定性的意义。不同类群的地下害虫对土壤质地各有一定的要求，而又有一定的适应幅度，生态适应性强的则分布范围广阔，反之，则分布范围狭窄。这种区域性分布规律是地下害虫经过长期历史演化和生态适应的结果。

(一) 世界昆虫区系分布梗概 对我国昆虫地理分布区划许多学者都作了大量的基础研究工作，从昆虫区系组成、历史演变、分布中心的延伸与扩展等都提供了充分的资料，表明我国昆虫地理区划是世界动物（包括昆虫）六大地理区划的组成部分，它们是：

1. 埃塞俄比亚区，也叫非洲动物地理区。包括撒哈拉大沙漠以南的非洲，阿拉伯半岛南部及马达加斯加岛。

2. 澳大利亚区。包括澳洲大陆，新西兰，南洋群岛及玻里西亚。

3. 新热带区，或称南美动物地理区。包括南美，中美洲，安德列斯群岛及墨西哥南部。

4. 东洋区，或称印度马来亚动物地理区。包括印度半岛，马来亚，中印半岛（中国、缅甸）和菲律宾群岛及巽他群岛。

5. 古北区，或称欧亚动物地理区。包括欧洲，亚洲北部和中部，非洲北部。这个大区又分为5个亚区，即：①北极亚区；②欧洲西伯利亚亚区；③地中海亚区；④中亚细亚亚区；⑤中国—东北亚区。我国的东北部和中部，苏联的乌苏里江，朝鲜半岛和日本列岛总称东方亚区。

6. 新北区，或称北美动物地理区。包括北美洲和格陵兰岛。

除上述六大区外，新增“南极动物地理区”。

很明显，我国昆虫地理分布分属于古北和东洋两大区系。关于两大区系的分界线，多数学者认为在秦岭以西以喜马拉雅山，秦岭以东以淮河流域走向，北纬28—32度之间的地带作为南北区系的分界线，在此线的两侧，东起辽东、山东半岛，西从西藏东南的三江流域、甘肃南部到四川中部为两区种类混生区或过渡地带。

从我国昆虫区系起源可以看出，在我国北部地下害虫以古北区占绝对优势，分布范围从新疆通过河西走廊到内蒙古干旱草原以及东北、华北温带半湿润区和青藏高原不同的生态地理区，向南少数种类可以越过长江到武夷山（如铜绿、阔胫绒金龟等）。长江以南的地下害虫则属东洋区系，向北可扩展到辽东半岛，再向北则更少。知道害虫区系起源，就可进一步了解其分布范围以及适生条件，根据当地昆虫组成，划分为不同类型，如广布种、优势种或特有种与外来种等，对于开展防治研究工作具有理论与实际意义。

（二）我国地下害虫的区域分布 农业害虫区划须以自然地理区划和昆虫区系分布为基础，结合农区生态地理条件及有关中国昆虫生态地域分布资料，可将我国地下害虫划分为五大分布区。

1. 西北干旱草原农牧分布区。新疆以东经河西走廊，沿甘肃、宁夏和陕西北部到内蒙古西部，属高纬度低温、干旱草原农牧区。农作物多为一年一熟制。本区南缘为冬小麦和春小麦混作区。地下害虫属古北区的中亚细亚区系。代表种有塔里木鳃金龟 (*Melolontha tarimensis* Semenov)、雷雪鳃金龟 (*Chioneosoma reitteri* Semenov)、穗丽金龟子 (*Anisoplia* spp)、草原拟地甲 (*Platyscelis sulcata* Ball) 等，优势种有黄地老虎 [*A. segetum* (Schiff)]、象甲等。宁夏沙漠区固沙植物的菊科、杨柳科、豆科灌木丛区发生的大皱鳃金龟 (*Trematodes grandis* Semenov) 可作为当地特有种或生态种。这些地下害虫多具有抗寒、耐旱特性。据甘肃省农科院植保所1989年调查，该区地下害虫达360多种，其中发生量蛴螬占36.8%，金针虫占27.2%，象甲占16%，根蛆占6.3%，蝼蛄占5.4%，地老虎占1.4%。说明该省自然与农

区景观复杂，地下害虫种类多。以小麦、棉花、甜菜、油菜、向日葵和牧草受害较重。

2. 东北松辽平原分布区。我国东北的黑、吉、辽三省的三江平原和辽河平原农区，地处北温带，境内有高山森林和荒漠草原，降雨量较多。农作物为一年一熟制，主要有小麦、玉米、高粱、大豆、甜菜、马铃薯等。农业害虫有300余种，其中地下害虫100多种，以欧洲—西伯利亚区系为主。优势种有东北大黑 (*H. diomaphalia* Bates)、大云斑金龟 (*P. laticollis* Lewis)，兴安叩头虫 (*Harminius dahuricus* Motschulsky)，细胸金针虫 (*Agrotis fuscicollis* Fabricious)，大豆根潜蝇 (*Ophiomyia shibatsuja* Kato)，甜菜象甲 (*Bothynoderus punctiventris* Germar) 等，以春作物苗期危害最重。

3. 青藏高原农牧分布区。本区包括西藏、青海、四川甘孜和阿坝自治州及甘肃西部高山河谷农牧区，属高寒草原地貌类型，农田分布海拔高度一般在1500—3000米，最高4000多米。农区作物有小麦、玉米、青稞、蚕豆、马铃薯、油菜等。耕制有一年一熟、二熟或二年三熟制，随地理小区气候条件的不同而异。本区地貌复杂，是昆虫种类较多的地区。地下害虫主要有蛴螬、象甲、地老虎、金针虫、根蛆等，据考察记录在200种以上，其中有不少是新种和特有种，而且发生种类多且严重。其特点是：区系组成复杂，古北区的中亚细亚，欧洲—西伯利亚区系种类很多，有“南地北型”现象，即有古北区系成员南移趋势。如庭园丽金龟 (*Phyllopertha horticollis* Linneus) 属典型的欧洲—西伯利亚区系，分布于东北黑龙江荒漠地区，在西藏危害大小麦、青稞、蚕豆、梨树叶，成为当地重要害虫。在西藏东南的金沙江、澜

沧江和怒江三江流域的农牧区为古北区和东洋区系混生区，农作物一年二熟，有许多特有的地下害虫，如尼胸突金龟子 (*Hoplosternus nepalensis* Hope)，锡金云斑金龟 (*Polyphylla sikkimensis* Brenske)，铜色喜马象甲 (*Leptomias aeneus* Marshall)，伪土粉蚧等。其次是海拔垂直分布高，在高海拔的农田都有地下害虫分布。在西藏庭园丽金龟子分布高度达 3 800—4 350 米；在四川甘孜自治州，大栗鳃金龟 (*Melolontha hipocastani mongolica* Menetris) 分布于 3 000—3900 米的高寒山区；在青海、甘肃，小云斑金龟 (*P. gracilicornis* Blanchard) 多集中分布于海拔 1 600—2 800 米的高寒阴湿地区，分布下限为 700 米，上限为 3 000 米，农作物都可遭受严重危害。

4. 黄淮海温带分布区。本区包括关中平原，晋东南盆地，豫、鲁、冀和苏、皖北部及京、津二市的广大平原，属暖温带、半干旱、半湿润气候区，光、热、水源充足，为我国粮、棉、油料作物重要生产基地。耕作制度与作物布局正处于不断改革调整之中，主要有麦—棉，和粮—油、粮—菜等一年二熟或三熟制，部分丘陵地区为花生—甘薯二年三熟制。境内缺乏高山阻隔，害虫分布很广，农作物害虫近 700 种，其中地下害虫约 100 种，以古北区占绝对优势。广布型的优势种有铜绿、黄褐、华北大黑、暗黑金龟子，黑绒金龟 (*T. tenebrionides*)、蝼蛄、沟金钟虫、细胸金钟虫、小地老虎 (*Agrotis ypsilon* Rottemberg)、黄地老虎、根蛆类，局部地区发生的优势种有鲜黄 (*Metabolus tumidifrons* Fairmaire)、毛黄、拟毛黄 (*H. formosana* Moser)、棕色金龟子等，以小麦、花生、大豆、玉米、甘薯受害最重。在山区丘陵金龟子是林果苗木的重要害虫。

5. 江南旱作农田分布区。本区是长江以南和华南两个大区的总称，属亚热带气候区。地下害虫主要分布于丘陵与旱作农田，属东洋昆虫区系，在四川中部有古北区种类混生。据四川威远县植保站1985年调查，花生区蛴螬有30余种，以四川大黑鳃金龟、铅灰鳃金龟 (*H. plumbea* Hope)、霉腹鳃金龟子 (*Microtrichia* sp.) 为优势种，其他有暗黑、棕色、拟毛黄、小云斑金龟子等。湖南省微生物研究所1987—1989年调查邵阳地区南山牧场蛴螬27种，古北区的小黄 (*M. flavescens* Brenske)、鲜黄鳃金龟子向南到达岭南山脉以北，成为牧草害虫的优势种，垂直分布海拔高度在1600米—1800米。在沿海的福建、广东、广西的甘蔗、花生、甘薯产区，地下害虫有20余种，优势种有突背蔗龟子、大褐锯金龟子、两点褐金龟子及华南大黑金龟 (*H. seuteri* Moser) 等。在本大区，地形复杂，植被丰富，是我国金龟子种类最多的地区，随着旱地种植业，特别是花生、林果、中药材的发展，局部地区出现蛴螬严重发生的趋势。

在地下害虫分布区内，由于地貌、作物、气候和土壤所构成的不同生境，地下害虫发生的种类、数量分布都有很大的差异，因而可再划分为不同类型的发生区。如黄淮冲积平原由于微地貌和土壤质地不同，农田蛴螬发生区可分为三个亚区。

(1) 浅平洼地常发区。系黄河泛滥静水沉积的粘质土壤，保水性能强，有机质含量高，为大黑、暗黑金龟子适生区，是粮油作物高产区常发性害虫。

(2) 缓平坡地波动区。位于浅平洼地边缘的半坡地和平坡地，系河水漫流沉积的轻壤土，土层深厚，透水性强，为铜绿、黄褐、毛黄金龟子的适宜发生区。该区土壤耐旱性差，

次生盐渍化较重，是形成蛴螬发生波动的主要因素。当气候适宜时，毛黄、暗黑金龟子较重发生。

(3) 高亢平地轻发生区。为距河道较近、并系急流、支流沉积的沙(壤)土，保水保肥性能差。春夏雨水适宜，绒金龟发生量大，对套种玉米、大豆有不同程度的危害，大黑、暗黑金龟子则很少发生。

在山东半岛丘陵粮油作物产区也可根据地貌、土质划分为不同蛴螬发生区，如：

(1) 岭地沙(壤)土发生区。主要在浅缓丘陵上部，多系马牙沙土，除作物外，仅有稀疏灌木，优势种为棕色、毛棕、绒金龟子等，主要危害花生、地瓜。

(2) 山麓梯田、山底平地(盆地)粘(壤)土发生区。多为花生、小麦两熟区，优势种为大黑、暗黑金龟子，局部地片发生拟毛黄金龟子。以花生、小麦、地瓜受害最重。

(3) 滨海、河谷沙土发生区。为多种丽金龟子的适生区。该区大量的栎树、柞树阔叶林等是其发生的必要条件。蒙古丽金龟(*A. mongolica* Faldermann)、彩丽金龟子(*Mimela* spp.)、铜绿金龟子等为优势种。在本区的针叶林边缘农田大云斑金龟子也是一大害虫。

在陕西、甘肃地下害虫发生分布与山、川、塬的地形、土质不同，发生种类和密度都有很大差异。因此，掌握地下害虫区域和生境分布规律，可因地、因虫制宜，确定防治对策。

第二节 地下害虫的主要生物学特性

一、生活史与发生世代

生活史或生活周期是指害虫从产卵到成虫各个发育阶段

所经历时期的长短。由于土壤环境比较稳定，食物营养条件的差异，完成一代所需时间因种类而不同，大致可分为以下几个类型。

(一) **多代型** 即一年可发生2—3代以上，主要是多数根蛆、根蚜、根蚧等小型地下害虫。如葱蛆〔*Delia antiqua* (Meigen)〕一年可发生2—4代，韭蛆4—6代，麦拟根蚜可一年发生9代，等等。多代型地下害虫种群数量在发生期内可出现多次高峰，但其主要危害世代常与寄主作物的生育期相一致。如葱蛆的发生是与大葱、大蒜的栽种和生长期相吻合；韭蛆则于春韭(4—6月)和秋韭(9—10月)露地栽培期内危害最重，夏季高温，土壤湿度低，幼虫死亡率高，发生危害就会很轻。这类地下害虫由于发生世代多，危害期长，化学防治次数频繁，因而对农药也较易产生抗性。

黄地老虎和小地老虎也是多代型，由于不同的生态特性，都以第一代幼虫对作物苗期危害最重，必须加强测报工作，以掌握防治适期。

(二) **一代型** 完成一代大约经过一年的时间，多数种类的蛴螬属于这一类型。根蛆中只有白菜蝇一年发生一代。这类地下害虫越冬期都较长，一般都有稳定的越冬虫态。在一定的地区内，成虫发生时期也较稳定，在一年中群体发生量只有一次高峰，属于单峰型。按照成虫发生季节可以分为以下几个类型。这与掌握防治时期有密切关系。

1. 春季发生型。以成虫越冬的金龟子、象甲等一代型的地下害虫都在春季发生，温带地区最早发生于2月，一般在3月中下旬到4月上旬，主要在春播作物苗期危害。如黑绒金龟子、毛黄、棕色金龟子(*H. titanis reiter*)、甜菜象甲等。