

根区施药的原理及其 在水稻害虫防治上的应用

赵善欢 黄彰欣 黄端平 黄炳球 许木成*

(植 保 系)

提 要

本文就根区施药方法的杀虫药效、杀虫作用机制、对害虫天敌的影响、农药残留量及内吸运转规律等方面进行讨论。

1975—1979年室内、田间小区和大田示范试验结果证明,根区施药(尤其是根区深层施药)具有药效高、节省用药量、残效期长、可以保护害虫天敌,帮助维持农田的生态系统平衡和减少环境污染等。

经试验过内吸杀虫剂有14种,已证明呋喃丹除对稻纵卷叶螟效果很差外,对叶蝉、飞虱、稻瘿蚊、稻蓟马、大螟、稻象甲等有特效,杀虫脒和类巴丹杀虫剂对螟虫类、稻纵卷叶螟有特效,但对稻瘿蚊则效果很差。巴丹、呋喃丹、杀虫脒性质较稳定,施于土壤里残效期可长达30—50天左右。有机磷内吸杀虫剂施于土壤里易于分解,残效期约10—25天左右。因不同药剂、不同季节和不同土壤类型而有差异。为了一次施药兼治多种主要害虫,可以采用混合剂如啶啉氧磷混杀虫双、乐果混杀虫脒等,每亩用纯药75—100克深施,可以解决水稻生长前期30—50天的害虫为害,后期有可能靠生物天敌以达到生态平衡,尚待以后研究。

研究根区施药后对稻田蜘蛛的影响,也研究药剂对稻瘿蚊的寄生天敌黄柄黑蜂、三化螟卵寄生蜂等的影响,研究认为此种施药方式对天敌有显著的保护作用,而常规的喷雾、喷粉对天敌有严重的破坏作用。

深层施药,藉土壤微生物水解作用,以及施药主要在水稻苗期进行,经研究初步认为呋喃丹、乐果、啶啉氧磷、稻瘟净、杀虫双等在稻米中的残留量不高,达到容许残留量水平以下。

根区施药具有很多优点,但根区深层施药的工具尚需研究改进以提高工效,以及尚需进一步探讨它的残留、代谢、毒理等方面。

在水稻害虫的综合防治上,化学防治占着重要的位置。如何进一步提高稻田化学防治的效率,减少施药次数,延长残效期,提高劳动生产率,同时减少环境污染,保护害

* 参加本项试验工作的还有黄尚容、邝锡玢、胡美英及罗启浩等同志。

虫天敌,这是当前害虫防治上必须认真研究的重要课题之一。

植物根的尖端生长点可以保持胚胎状态继续进行无定期的生长、伸延与铺张,尽量扩大与更新它由环境吸收营养与能量的面积。药剂被吸收后可沿着导管及筛管传导而获得周身效应。近年大量研究证明,具有细致与复杂结构的细胞间的原生质连络(胞间连丝,Plasmodesmata)是多种物质转移与信息的通道,同时还证明水分、盐分和农药可以比较快地进入根系。施用内吸杀虫剂于根区,它的被吸收及运转效率远比喷于叶基上大。这是根区施药防治害虫理论根据之一(姜成后,1979,Lüttge, U. and Noe Higibotham 1979)。

1973年菲律宾国际水稻研究所在研究水稻应用药剂蘸根防治害虫的基础上,进行了根区施药试验,获得了较好的效果(Pathak et al., 1974)。跟着在其他地区进行了施用内吸杀虫剂于土壤里防治水稻害虫的研究。我们于1975年开始进行根区施药防治华南各种水稻害虫的盆栽及大田试验,结果表明,在根区施用内吸杀虫剂比之常用的叶面喷施或水面施药有突出的优点,可以提高水稻害虫综合防治技术水平。

1977及1978年我们的试验总结已经发表(华南农学院化保教研组:1978,赵善欢等)。1979年我们继续进行这项试验,进一步明确了根区施药的作用及各种内吸杀虫剂的特点。本文根据过去几年对内吸杀虫剂的药效作用的机制、内吸运转和残留动态,以及应用这个方法对稻田害虫天敌保护等问题作一扼要的报道。我们的水稻大田试验是分别在本院农场和广东省东莞县篁村公社,增城县农科所、广州市郊区农科所以及与湖北省等一些县的试验单位协作进行的;关于巴丹类杀虫剂特别是易卫杀的试验,是和南开大学元素有机所协作进行的;关于柑桔害虫的防治试验,是与广东博罗县杨村柑桔场柑桔研究所协作进行的。

一、试验材料及方法

供试的杀虫药剂有下列14个品种:

1. 3%呋喃丹颗粒剂(美国);
2. 25%及50%啶啉氧磷(广东中山县石岐农药厂);
3. 40%乐果乳油(广州农药厂);
4. 40%氧乐果乳油(北京农药二厂);
5. 50%乙嘧硫磷乳油(英国);
6. 50%苏化“203”乳油(广东台山农药厂);
7. 50%甲胺磷乳油(浙江吴兴县农药厂);
8. 87%乙酰甲胺磷(固体)(广州市化工所);
9. 40%稻瘟净乳剂(北京农药厂);
10. 50%巴丹可溶性粉剂(日本),
95%巴丹可溶性粉剂(湖南化工所);
11. 80%易卫杀(Evisect)可溶性粉剂(南开大学元素有机所),

- 90%易卫杀可溶性粉剂（瑞士山德士公司）；
12. 25%杀虫双水剂（广东中山县石歧农药厂），
20%杀虫双水剂（贵州农药厂）；
13. 86.6%杀虫脒可溶性粉剂（西北大学化学系），
25%杀虫脒水剂（广东中山县石歧农药厂）；
14. 烟索（含烟碱约4%）（广东饶平县饶东公社）。

盆栽试验方法：

防治稻瘿蚊试验——每个瓦盆（直径为20厘米）盛水稻土，并插植3—4片叶龄的秧苗15条，插植回青后，每隔10天深施尿素共3次（每次约1克），插植后1周，把水排干，用内吸杀虫剂的3%颗粒剂或3%块粒剂，在稻苗旁边深施于2.5厘米处，以后保持浅水层，根据施药后所需要的间隔天数，每盆秧苗接入经过交尾的稻瘿蚊雌蚊3头，产卵后3天，每天喷清水约4次，以增大湿度，使初孵幼虫能够入侵稻株茎部。接虫后约20天左右（即对照盆葱管都抽出），统计标葱苗数及健苗数，计算标葱率。每项处理重复6次。

防治三化螟试验——盆栽及施药方法同上。所不同的是根据施药后所需要的间隔天数，每盆接上初孵三化螟幼虫30头，待对照已充分呈现枯心或白穗后，检查各盆的枯心或白穗数，并同时剥检苗内的幼虫存活率，计算被害率或幼虫存活率。

防治稻纵卷叶螟及稻蓟马的试验——害虫是从田间自然入侵的，设有用条件相同的不施药组（对照组）作比较。

田间试验方法：

田间小区试验一般重复2次，每区面积不少于0.2亩，大区试验面积不少于0.5亩，同一造在不同地区或不同年份进行多次重复比较试验。1979年在广东的大区试验田面积共约700余亩，连同在湖北省等地试验示范面积共达约3000余亩。

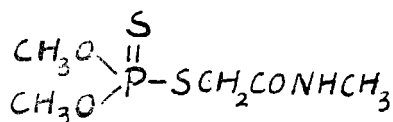
田间试验一般是先把试验区丈量规划好，作好田埂，使有利于单独排灌。在插植后7—15天内，先排水中耕一次，然后施药。深施药液的，是采用液体或固体深施器，深度6公分，隔行施药，每亩用稀释药液约40—80斤。深施块粒剂的，则在每丛禾或窄行之间两丛禾施一块粒。每亩深施用药量一般100克左右（按有效成分计算），混合剂则增加，具体施用量因配方而不同。施药后半天，灌回浅水层，至少保持一星期，以后保持湿润。施药后，定期检查各种害虫的为害情况，计算防治效果，并调查害虫的天敌密度。取样方法是采用对角线5点。调查方法一般是在每点检查25丛禾。

二、各种内吸杀虫剂根区施用防治害虫的特点及作用机制

我们试验用的内吸杀虫剂，包括有机磷类、氨基甲酸酯类、杀虫脒及巴丹类。现将各种杀虫剂及一些混合剂型的性质及杀虫作用特点分述如下：

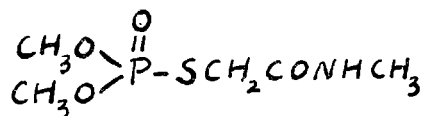
有机磷化合物

乐果及氧乐果（Dimethoate and Omethoate）



乐 果

0, 0-二甲基-S- (甲胺基甲酰甲基)
二硫代磷酸酯



氧 乐 果

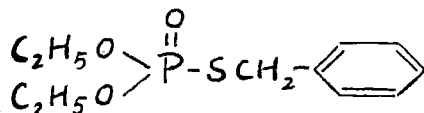
0, 0-二甲基-S- (甲胺基甲酰甲
基)硫代磷酸酯

乐果被水稻吸收后成为一种高效的杀虫剂早就已经证明, 并且证明对三化螟有杀卵作用。盆栽试验表明, 如水里含有乐果70ppm以上, 可在7~14天内保护水稻秧苗不受三化螟幼虫为害(赵善欢等, 1965)。1978年我们应用了放射性同位素 ^{35}S 标记的乐果进行盆栽试验, 用放射性自显影方法, 证明在表土施用或制成块粒剂或液体深施8公分, 一天后植株就开始吸收运转, 根、茎、叶都有分布, 但以在嫩叶上(特别在近叶尖处)积累最多。深层施用乐果的残效期短, 一般约7~10天, 对三化螟等达不到防治上的要求。但盆栽试验证明对稻蓟马(*Thrips oryzae*)深施后20天仍有较高的药效, 这可能与乐果及其代谢物积存于叶片及叶尖上有关, 因为蓟马就是在这些部位为害。乐果如与杀虫脒等混合深施, 可以防治多种害虫, 并且残效较长。1979年早造湖北省洪山区农林局病虫测报站试验, 证明用40%乐果混25%乙基杀虫脒(每亩共用纯药100克)深施, 防治第一代二化螟效果达88.5%, 接近于呋喃丹的药效。

乐果被虫体吸收后被转化为氧乐果, 对昆虫的胆碱酯酶有强烈的抑制作用。氧乐果是防治对乐果产生抗性蚜虫类的高效药物。根据广东博罗杨村柑桔研究所的盆栽试验*, 深施于土壤对防治柑桔红蜘蛛(*Panonychus citri* Mc Gregor)有明显的效果。这与Milne等(1978)在南非试验应用乐果于土壤防治柑桔害虫如蓟马、木虱等的作用是相同的。

把氧乐果深施于稻田土壤里, 盆栽试验7天后对褐飞虱防治效果达94%, 但17天后药效下降至54%, 它对稻瘿蚊、三化螟效果都较低。氧乐果和乐果一样, 在土壤及植株内易于代谢分解失效, 残效期约10天。朝鲜崔承允等(1977)认为氧乐果深施对二化螟及飞虱无效。

稻瘟净 (Kitazine, EBP)



0, 0-二乙基-S-苯基硫代磷酸酯

稻瘟净施于水稻根区可以防治稻瘟。

我们的试验都是用混合剂型。1978年9月在湖北省监利县的试验结果证明, 稻瘟净混乐果每亩纯药各100克, 深施20天后对褐

稻虱的防治效果达90%。这个配方对防治稻瘿蚊亦有一定的药效, 但不及噻啉氧磷。目前稻瘟净和乐果的供应比较易于解决, 这个配方对稻米的残留量不高, 因此有推广的价值。稻瘟净亦可和磷胺或杀虫脒混合施用。又今后可用异稻瘟净(0, 0-二异丙基-S

* 本文所述及的柑桔害虫防治试验, 主要是和广东博罗杨村柑桔场柑桔研究所陈循洞同志协作进行的。

一苯基硫赶磷酸酯)代替稻瘟净,这个品种对水解稳定性较好一些。

含有嘧啶基的有机磷化合物

根据我们的几年试验,从地亚农开始创制出来的一系列含有嘧啶基的有机磷化合物,都是比较好的内吸杀虫剂,施用于土壤里根部易于吸收,吸收后即在植物体内运转,对防治害虫起显著的作用。经我们试验过的这类化合物有下列几种:

嘧啶氧磷(N-23)(Pyrimioxythion)

这是沈阳化工院创制的化合物,具有触杀、胃毒和内吸作用。纯品为无色透明粘稠状液体,工业品为棕黄色油状液体,易溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮等有机溶剂中。在水中溶解度很小。原油及乳剂很稳定,但在酸、碱介质中或有少量水分存在下,长期受热会慢慢分解失效。

嘧啶氧磷是我们试验的药剂品种中对稻瘿蚊药效最高的一种,亦可说是防治稻瘿蚊的特效药。无论是用液体深施或制成块粒剂深施,每亩用纯药100~125克,残效期可达30天。施用一次,可控制稻瘿蚊的为害。1976年7月,我们进行一次盆栽试验,在稻瘿蚊产卵后1天施药,折算每亩用纯药50克,制成块粒塞入土中,达到100%的保苗效果。对稻纵卷叶螟一般防效可达90%,残效期亦在30天左右。它对三化螟亦有一定的药效,但不及巴丹和呋喃丹。药效试验结果见表1。

嘧啶氧磷与其他杀虫剂混合施用,似有增效作用。大田试验每亩用嘧啶氧磷纯药50克混巴丹或杀虫双纯药50克深施,对三化螟防效达98%;对稻纵卷叶螟防效80%,残效期约30天。1979年晚造在东莞县簞村公社的大田试验表明,嘧啶氧磷混杀虫双(纯药各100克)为防治稻瘿蚊及卷叶螟最好的配方,残效期可达44天。

嘧啶氧磷混烟索(每亩50克混烟索10斤)(烟索含烟碱约4%)对稻瘿蚊、三化螟及稻纵卷叶螟都有比较高的防效(80~92%)。这个配方在产烟区值得作进一步的试验。

嘧啶氧磷可采用喷雾或毒土法防治害虫,但残效期较短,如深施于土壤,根部易于吸收,残效期较长,而残留于大米内的量并不高,这是它的特点。另一种亦是由沈阳化工院研究合成的同系物——嘧啶硫磷(N-14),对水稻害虫亦有效,但至今未作深层施药试验。

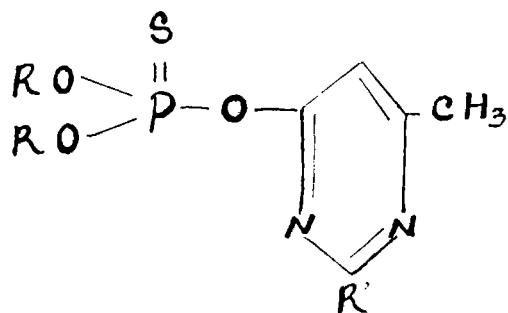
乙嘧硫磷(Primiphos-ethyl, Primicid)

这是比较新的化合物,原药是淡黄色液体,不溶于水,具有触杀、胃毒和内吸作用,对防治地下害虫效果良好。1978年晚造盆栽及田间小区深施试验,每亩用纯药100克,对防治稻瘿蚊有明显的效果。盆栽试验施药后50天,标葱率压低至0.5%,而对照标葱率为39%。但对褐稻虱无效,对三化螟防效亦不高。

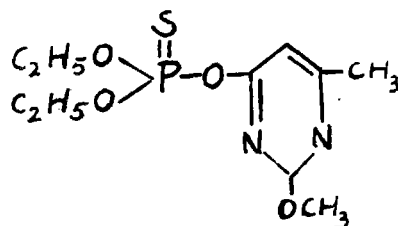
地亚农(Diazinon)

在泰国等地认为地亚农是防治稻瘿蚊最有效杀虫剂之一。施于稻田水面,易被根部吸收,对螟虫、叶蝉及稻飞虱都有良好药效。我们盆栽试验深施于土壤,每亩纯药100克,接虫后30天,对稻瘿蚊的为害有一定的防效,但不及嘧啶氧磷及呋喃丹。

含嘧啶基化合物的通式及嘧啶氧磷等的结构式为:

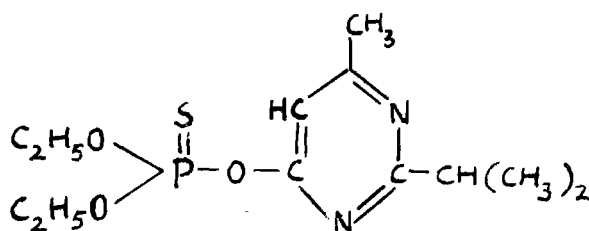


通 式



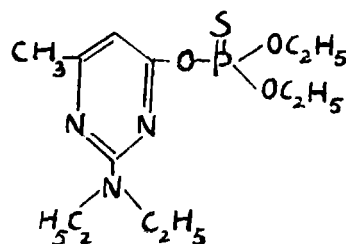
噻啉氧磷

0,0-二乙基-O-(2-甲氧基-4-甲基嘧啶基-6-)-硫代磷酸酯



地 亚 农

0,0-二乙基-O-(2-异丙基-4-甲基嘧啶-6-基)硫代磷酸酯

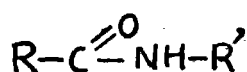


乙 噻 啉 磷

2-二乙基胺基-6-甲基嘧啶基-4-二乙基硫代磷酸酯

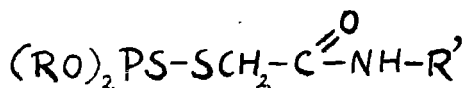
我们试验所用的有机磷内吸杀虫剂中,从二硫代化合物乐果、氧乐果到含嘧啶基的如地亚农等深施于土里,水稻根部吸收都是比较快的。吸收后,随即在植株内运转,对害虫起了毒杀作用,看来对三化螟、蓟马及稻飞虱幼虫特别明显。

有机磷内吸剂的化学结构与内吸活性有一定的关系。Fest及 Schmidt (1973)指出:除分子具有一定大小之外,其中要有一个极性中心似乎是内吸活性的一个条件。从有机化学看,N-烷基酰胺(I)具有很高的介电常数。乐果型的化合物(II)就符合这一原则。



(I)

N-烷基酰胺

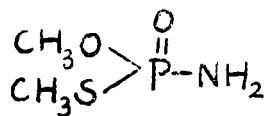


(II)

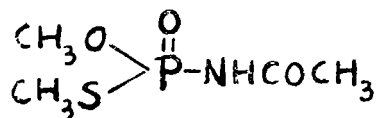
乐果型的化合物

氧化乐果中还有另外一个极性的P=O基团,更进一步体现了这个原则。至于分子内含嘧啶基的化合物,它的内吸活性与结构的关系更值得探索。

甲胺磷、乙酰甲胺磷(Tamaron, Acephate)



甲 胺 磷
0, S-二甲基磷酰胺
(LD₅₀ = 29.9毫克/公斤)



乙酰甲胺磷
0, S-二甲基-乙酰基磷酰胺
(LD₅₀ = 348毫克/公斤)

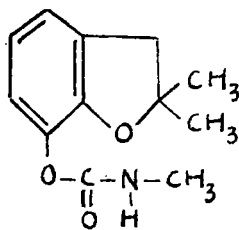
这二种是磷酰胺类的杀虫剂, 具有触杀、胃毒和一定的内吸作用。甲胺磷乙酰化后, 保持它的杀虫效力, 但对高等动物则毒性大为降低, 对鱼类特别安全。

这二种有机磷内吸作用不是很突出, 深施于土壤里对三化螟及稻褐飞虱有一定的效力, 但残效期短, 这是缺点。根据浙江省丽水县农科所1978年的田间试验, 甲胺磷对三化螟及褐稻虱防效不好, 远不及呋喃丹。至于乙酰甲胺磷, 根据我们的盆栽试验结果, 每亩用纯药100克, 深施后五天对三化螟初孵幼虫的有害有显著的效果, 对褐稻虱施药后7天防效显著, 到17天仍有一定的效果, 药效与氧乐果相似, 但远不及呋喃丹。试验结果表明, 如把乙酰甲胺磷与巴丹混用深施, 残效期可长达30天, 对防治三化螟初孵幼虫有明显的效果, 比之单独施用巴丹效果还好。菲律宾国际水稻研究所1975年的试验结果亦证明, 根区施用乙酰甲胺磷与巴丹或杀虫脍混合对二代的防治效果比单用乙酰甲胺磷好*。因此, 乙酰甲胺磷混巴丹或杀虫脍这一配方值得进一步试验。

除上述的有机磷杀虫剂外, 我们还试验过磷胺、哒嗪硫磷及苏化“203”(STEPP)等。这些农药深施于土壤, 对害虫亦有一定的防效。哒嗪硫磷及磷胺根区施用内吸性差, 不适于稻田深施。苏化“203”内吸药效较高, 但这个品种对人、畜具有剧毒, 要制成安全的剂型(如颗粒剂)使用, 并执行严格的安全措施, 才能推广应用。

有机氮化合物

呋喃丹 (Carbofuran, Furadan)



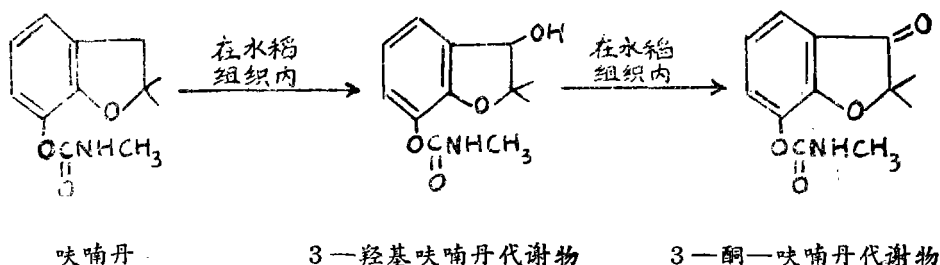
2, 3-二氢-2, 2-
二甲基-7-苯并呋喃
-N-甲氨基甲酸酯

呋喃丹是一个氨基甲酸酯类广谱、内吸、杀虫、杀螨、杀线虫剂。纯品是白色结晶体, 无臭、无味。在25°C, 在水溶解度(W/W)为700ppm, 对热、光、酸稳定, 不易燃烧, 但在碱性中不稳定, 因此不能与碱性物质混用。对高等动物口服毒性很高, 但与皮肤接触毒性低。

呋喃丹可用于40种作物上, 防治土壤和地面上300余种害虫和线虫。它能缩短作物生长期, 促进作物生长, 提高产量。呋喃丹具有胃毒、触杀和较强的内吸作用。因蒸气压很低, 无熏蒸作用。施于土壤里, 作物根部很快就吸收, 随水分输送到茎叶各部。蒸发作用强的叶部特别是叶尖积累较多。1978年晚造, 我们在深施呋喃丹后不久的稻田发现昏迷坠于水面的大白叶蝉(*Tettigoniella Spectra*)及二条黑尾叶蝉(*Nephotettix*

* IRRI Annual Report for 1975. P.223.

apicalis)；1979年我们在本学院农场小区试验，也观察到施用呋喃丹的小区，受飞虱、叶蝉为害特别轻微。可见呋喃丹有明显的拒食或忌避作用。应用放射性同位素 ^{14}C 标记的呋喃丹进行试验，国际水稻研究所1977年发现，深施于土壤里呋喃丹可残留较久，可达8周以上，同时植物吸收也较多。土壤水的PH如过高，会促进它的分解失效。呋喃丹在土壤的积存时间比较长，半衰期一般为30—60天，在碱性土壤分解较速。在水稻植株内，呋喃丹部分分解为呋喃丹酚（Carbofuran phenol）、3—酮—呋喃丹（3—Ketocarbofuran）、3—羟基呋喃丹（3—hydroxycarbofuran）及它的酚类（Seiber, Heinrichs et al., 1978）。



应用于深层施药，每亩用纯药75~100克，呋喃丹可以有效地防治稻瘿蚊、三化螟、二化螟、大螟、稻蓟马、叶蝉及飞虱，这是经过几年多次的盆栽及大田试验所证明的。

对三化螟在早造、中造或晚造深施一次，枯心或白穗率可控制在0.5%以下，残效期可达40—50天，如与肥料混合施用，则效果更好。根据我们1978年室内试管培养秧苗接虫试验，培养液中如含有1 ppm的呋喃丹，对初孵三化螟幼虫具有强烈的拒食作用，侵入率很低。此外，我们也观察到呋喃丹对新根的生长有明显的刺激作用。大螟是比较难防治的，特别是高龄幼虫一般农药是无效的。但根据江苏省1978年的试验，用3%呋喃丹粉剂1:100喷雾，对3—5龄的大螟药效显著。浙江省桐乡县的经验，如每亩用纯药100克深施于根区，对大螟的防治效果达92%，60天后仍有效。

根据江西赣州地区甘蔗研究所试验，每亩用3%呋喃丹颗粒剂5斤，在甘蔗二点螟（*Chilo traea infuscatellus*）盛孵第一高峰期埋入蔗畦土中，对防治枯心效果显著。最近在广东顺德县试验，呋喃丹深施于土壤对甘蔗螟虫防治效果亦显著。

呋喃丹对稻瘿蚊的药效比噻啉氧磷稍差，但它的残效期长。1978年在广州市郊区农科所及1979年在东莞县篁村公社、佛山地区农科所、广东花县三华、新街大队和广州郊区石龙公社雅瑶大队，于晚造秧田播种前，每亩撒施3%呋喃丹颗粒剂6斤共700余亩，然后播种埋芽。这样处理，基本上可控制整个秧田期除稻纵卷叶螟外的主要害虫的良好效果。

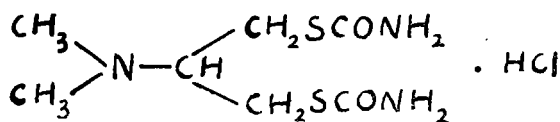
育秧工厂化、插秧机械化将是我国实现水稻生产机械化的重要措施之一，1979年早造我们进行呋喃丹秧苗根系带药机插防治蓟马的试验，每亩用3%呋喃丹6斤，33天后防效达96.4%，如将药量减至每亩3斤，27天后亦有一定的效果。这是大面积试验的结果，今后可以推广应用。

呋喃丹对叶蝉及飞虱类（特别是褐稻虱）具有特效。1978年晚造的盆栽试验，供试

的各种杀虫剂包括乙酰甲胺磷、嘧啶氧磷及氧乐果等,以呋喃丹的药效最为突出。湖北省监利县1978年的大田试验,深施一次,呋喃丹对褐稻虱的防效在30天后达86%,但如飞虱严重发生为害,在后期要再施药一次,一般喷雾于稻丛基部即可。在菲律宾,在根区施药一次,对褐稻虱的有效期可维持在移植后45天(Heinrichs et al., 1977)。在另一个试验,每亩用纯药33.4—66.7克(0.5—1公斤/公顷)深施1—2次,在移植后53天,仍可显著地降低褐稻虱的密度(Aquino et al., 1979)。

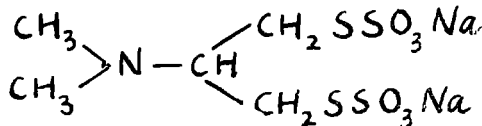
对稻纵卷叶螟,经过二年反复的调查观察证明呋喃丹的药效不好。因此,在大田生产上为了控制这种害虫,呋喃丹可与巴丹类杀虫剂混合使用,这样基本上可解决各种害虫的为害了。

巴丹、杀虫双、易卫杀(Padan, Dimehypo, Evisect)



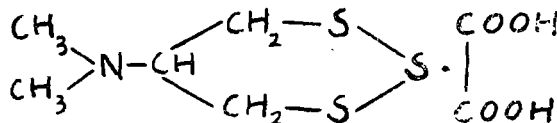
巴 丹

1, 3-双(硫代氨基甲酰基)-2-(N, N-二甲氨基)丙烷盐酸盐



杀虫双(双钠盐)

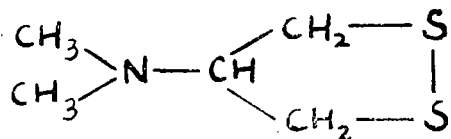
2-(N, N-二甲氨基)-1, 3-双(硫代硫酸钠基)丙烷



杀螟环(易卫杀)

5-(N, N-二甲基)-1, 2, 3-三硫六圆草酸盐

这三个品种都属于沙蚕毒同系衍生物,它们是根据一种海产异足索蚕(*Lumbriconereis heteropoda*)体内的天然有机物沙蚕毒(Nereistoxin)而合成的。



沙 蚕 毒

5-(N, N-二甲基)-1, 2-二硫五圆

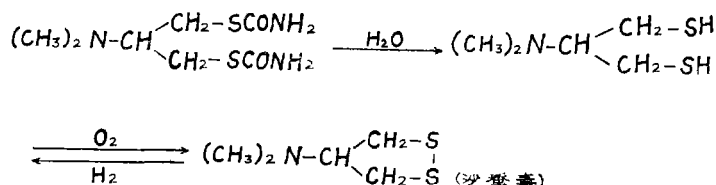
巴丹是1964年日本武田药品株式会社创制,1967年商品化。杀虫双是合成巴丹的中间体,是我国贵州省化工研究所1974年研制,1976年已进行中试鉴定。杀虫双已有生产,它是一个混合物,不很稳定,在商品规格上还要继续研究。易卫杀是瑞士山德士公司1970年创制,1978年已商品

化,跟着南开大学元素所已仿制成功,并进行室内及田间的初步试验(尚稚珍, 1979)。

巴丹类的杀虫作用方式及毒理机制不同于有机磷及氨基甲酸酯类。有机磷及氨基甲酸酯类的杀虫机制主要是抑制胆碱酯酶,造成乙酰胆碱积累,影响神经传导,使昆虫中毒死亡。而巴丹类杀虫剂则不是胆碱酯酶抑制剂,它极易渗入中枢神经节中,侵入神经细胞间突触部,转化成沙蚕毒,而阻断了一个细胞所分泌的乙酰胆碱传达刺激给第二个神经细胞的作用。因此,乙酰胆碱虽然产生后可被胆碱酯酶分解,但不能正常传递,使反射弧对刺激不生反应,陷入麻痹状态,丧失为害作物的能力,虫体软化瘫痪,慢慢死亡。

巴丹类杀虫剂具有触杀、胃毒、杀卵及内吸作用。施用于土壤里,水稻根部易于吸收传导,对鳞翅目害虫特别有效,可以防治三化螟、二化螟、大螟、纵卷叶螟及粘虫。此外,对蓟马亦有效,但对稻瘿蚊药效不好。这类高效的内吸剂为深层施药品种开辟了一个新来源,值得重视。

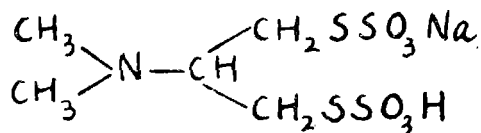
巴丹类的作用机制图解:



巴丹——深施于土壤里,巴丹的残效期非常突出。1978年在增城县的早造试验,每亩用纯药125克,制成块粒,二棵稻株之间施一块,防治稻纵卷叶螟,卷叶率压低至0.8%,残效期长达63天。用液体深施,每亩纯药100克,防效非常显著。对稻蓟马残效期长33天。盆栽试验,对防止初孵三化螟幼虫的入侵为害,施药后50天仍有一定效果,这在各种药剂中是少见的。根据浙江桐乡县的试验,深施后60天对大螟白穗的防效达70%,但是巴丹对褐稻虱的效果不好,对稻瘿蚊不及呋喃丹与噻啉氧磷。

博罗县杨村柑桔场1978~1979年盆栽试验,用50%巴丹颗粒剂每株苗4~5克,对防治柑桔潜叶蛾幼虫为害药效显著,好叶率达89%。杀虫双及易卫杀亦有明显的效果。

杀虫双——杀虫双是巴丹的类似物,在我国已有20多个省市进行了小区及大田药效试验,认为对粮、棉、油、果树等50多种害虫都有较好的防治效果。它的生产成本也比较低,原料易得。1978年早造在新会县的大田试验,每亩用纯药100克,深施对稻纵卷叶螟防效很高,残效达29天,并且对水稻生长有刺激作用。对三化螟初孵幼虫防治枯心,残效也达29天,但对褐稻虱效果不好。杀虫双都是水剂,含量一般25—30%,在PH8—9主要成分是双钠盐,但在PH6.5—7.0,主要是单钠盐:



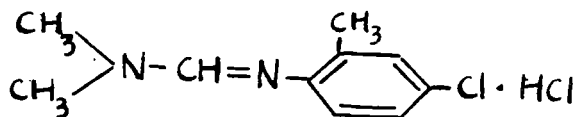
杀虫双(单钠盐)

在水溶液中,双、单钠盐在硫代硫酸钠的作用和空气的氧化下都转变为沙蚕毒,由此而起杀虫作用。巴丹及杀虫双的药效试验撮记于表3。

易卫杀——杀虫范围与巴丹相同,突

出表现在防治二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟、蓟马及玉米螟等。根据南开大学元素有机所的试验,对三化螟、二化螟每亩用纯药75克泼施一次,保苗效果都在90%以上。1979年我们进行根区施药,每亩用纯药100克,盆栽防效在第2、10、15天接虫均在93.5%以上,田间小区防白穗,在施药后60天调查,防效为76.03%,与巴丹70.78%相近。可见深层施药比表层施药防效不降低,而残效延长。这里值得提出的是与此同期发生的稻蓟马,在稻苗移栽后严重为害而使植株长势矮小,叶片枯黄。在盆栽对照中可见不仅三化螟造成枯心,同时稻苗枯萎。而易卫杀在施药15天后调查,表层施药仅有小量卷叶,防效为85.3%;而深层施药基本上无卷叶被害状,防效100%,且叶片浓绿,植株长势健壮、高大。调查蓟马产卵量,两种处理也相差悬殊。对照及表层施药,产卵较多,而深层施药产卵极少。田间小区试验结果,产卵量仅为对照的三分之一左右,有明显的防护作用。故施于土壤内,促进其通过根部内吸传导,提高稳定性,更有利于发挥这个品种的杀虫作用,值得认真研究。

杀虫脒 (Chlorodimeform)



杀 虫 脒

N—(2—甲基—4—氯苯基)—N'—二甲基脒盐酸盐

杀虫脒具有突出的内吸、拒食和忌避作用,亦有一定的杀卵作用,但触杀作用很弱,对螨类具有显著的熏杀作用,对初孵三化螟幼虫亦有一定的熏蒸作用。水稻根部易于吸收杀虫脒,吸收后在植株内很快运转到各部位,因此引起人们应用杀虫脒作为深层施药的内吸剂品种之一。菲律宾国际水稻研究所从1973年开始就对杀虫脒根区施用进行了试验,并指出水稻营养液含杀虫脒超过10ppm,对褐稻虱的取食即起显著的抑制作用,死亡率与饥饿的飞虱相似(Heinrichs, 1977)。我们的深层施药试验,是在1975年从应用杀虫脒深施防治三化螟枯心获得成功开始的。盆栽试验初步证明,杀虫脒深施比之水面施用效果显著提高。

杀虫脒深施于土壤里对三化螟、二化螟及稻纵卷叶螟都有明显的效果,残效也较长。杀虫脒残留于土壤及植株的时间比较长。杀虫脒在土壤残留半衰期约为30天(Ercegovich, C.D. 1972)。为了减少用药量,防止残毒,我们对杀虫脒混合剂型进行了一系列的试验。结果证明,每亩用杀虫脒混乐果乳油各用纯药100克深施,对防治三化螟的枯心及稻纵卷叶螟效果良好,但防治白穗效果较差。杀虫脒混乐果对防治稻瘿蚊亦有一定的药效,但不及啮啮氧磷及呋喃丹。杀虫脒亦可和呋喃丹混合,制成颗粒剂深施,防治三化螟、稻纵卷叶螟、稻蓟马及稻瘿蚊效果显著。

三、杀虫剂根区施用水稻吸收后残留量的测定

把农药施于土壤,水稻吸收后,很快就在植株内运转,并进行代谢分解。除了对害

虫所起的毒杀作用之外,人们最关心的是水稻收获后农药残留在植株上(特别是稻米)有多少,对人、畜的影响如何?对此,我们做了一些初步测定,分述于后:

噁啉氧磷——这种杀虫剂如作为喷雾用,在水稻上的残留是比较长久的。根据广东省农科院植保所1978年早造在东莞县的试验,如每亩用药量(纯药计)为75克,喷射一次,间隔期28天,噁啉氧磷在糙米中的残留量为0.090—0.405ppm,平均为0.22ppm;如喷射三次,间隔期为7天,则残留量为0.590~1.688ppm,平均为1.03ppm。根据沈阳化工研究院(任耐安等,1978)的测定,1977年早造在苏州地区每亩用纯药100克,喷2次,糙米残留量为0.43ppm。

我们每亩用噁啉氧磷纯药100克进行深施,施药期为1978年6月28日,收获期为8月30日,间隔期64天,水稻品种为广陆矮,用气相色谱法分析结果,糙米中残留量为0.144ppm。用块粒深施,每亩用纯药125克,间隔期为56天,糙米中含量为0.053ppm。据此,我们认为用深施法糙米中的残留量可控制在0.15ppm以下,从残毒观点来衡量,根区施用方法因为以稻苗期施药,间距水稻收获期长,所以就比较安全。

杀虫脒——杀虫脒喷施于水稻上的残留量与喷雾用药量、喷雾次数及间隔期有密切关系。1978年晚造,我们在广东增城县农科所做了一些调查,用杀虫脒水溶性粉剂喷雾,每亩相当于用25%水剂200克(即每亩用纯药50克),间隔期30天,用气相色谱法分析结果,在糙米中的残留量为0.149ppm,在谷壳中残留量为0.658ppm。在同样的条件下根区施药,用50%乐果乳油200克混25%杀虫脒水剂400克(即相当于纯药100克),间隔期77天,分析结果,糙米中未检出,而谷壳中含0.92ppm*。1979年我们在东莞县篁村公社进行的根区施药试验,对稻米杀虫脒残留的初步分析结果,亦有同样的倾向。由此可见,根区施用杀虫脒对糙米的污染是微小的,可能达到卫生上的要求,但积存于谷壳中的量颇多,这点是值得重视的,需要作进一步试验。近年来,杀虫脒在外国是禁止在水稻上使用的,但在我国因为慢性中毒试验仍在进行中,未有结论,因此杀虫脒在稻田仍然使用。根据国外关于杀虫脒的毒性试验结果及我国大面积使用的经验,我们认为杀虫脒一般不宜作喷雾使用,改制成毒土或颗粒剂施于稻田比较安全。如作为根区施用,也应掌握适当的药量及间隔期,在严格控制的条件下,还是可以考虑使用的。

呋喃丹——呋喃丹在水稻上的残留研究,菲律宾国际水稻研究所做了不少工作。根据最近的报道(Heinrich, et al., 1978),每公顷用纯药1公斤(即每亩用纯药66.7克)深施于土壤里,稻谷种子含呋喃丹的残留量为0.08ppm,呋喃丹的代谢物为0.02ppm。这没有超过美国政府规定的残留限度(0.2ppm)。这样看来,如用一般的深施方法,呋喃丹的残留量不会超过规定,对人、畜是安全的。呋喃丹对鱼类毒性是比较高的,对鳙鱼的TLM(96小时)为0.28ppm。但根据菲律宾的报道,根区施药方法释放在水里的呋喃丹的量不至于把鱼杀死。

有机磷及氨基甲酸酯类杀虫剂施于土壤里和有机氯化物不同,它们易于分解。土壤是分解这二类杀虫剂的最好媒介,分解过程有生物的及非生物的,而微生物的代谢可能是重要的(Laveglia and Dahm, 1977)。因此,应用有机磷及氨基甲酸酯类农药

* 残留量的分析是北京农业大学农化系钱传范等同志做的,谨表谢忱。

深施于土壤,对残毒问题可能比较易于解决。

巴丹类杀虫剂根据在日本及印度的初步试验,应用易卫杀于稻田 20 天后残留量很低,不能检出。

四、杀虫剂根区施用对害虫天敌的影响

用通常的方法在稻田喷药,对天敌的杀伤是严重的。广东一些地区在中造及晚造秧田及本田不合理地多次喷射甲六粉、乐果等农药防治稻瘿蚊等害虫(一造有的喷药达 7~8 次),大量杀伤寄生天敌,可能是稻瘿蚊大发生为害原因之一。这是化学防治与生物防治矛盾的焦点。但如注意农药的品种剂型、使用方法、施用次数及施用时间,发挥杀虫剂的生理及生态选择作用,这个矛盾是可以解决的。生物防治与化学防治是在一定条件下结合起来的。把杀虫剂施于根区可以达到保护稻田害虫天敌的目的,发挥生物防治的作用。

对于这个问题,我们曾调查根区施药后对稻田蜘蛛类、对稻瘿蚊卵及幼虫的寄生蜂以及对三化螟卵寄生蜂的影响。

对于稻田害虫的重要天敌蜘蛛类,我们曾作过几次的调查,第一次调查是 1977 年 6 月在广州市郊农科所的试验田,在呋喃丹混球肥根区施用的田块,每 25 丛水稻蜘蛛数平均为 62.5 头,而用甲六粉撒施及杀虫脒混乐果喷雾的田块,蜘蛛数平均为 33.6 头。第二次调查是 1977 年 9 月在新会县杜阮公社上巷大队,根区施用嘧啶氧磷后,稻田蜘蛛数量以狼蛛(*Lycosa Pseudoannulata*)为例,施药后 2 周,每 125 丛水稻从 28 头降至 15 头。

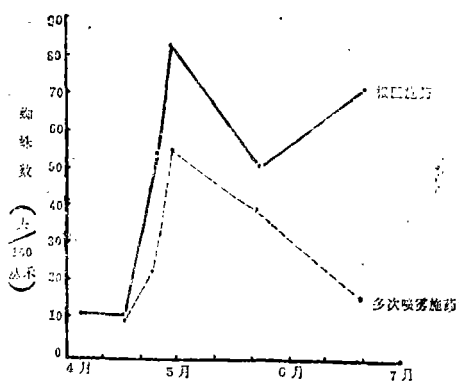


图 1 三季稻早造田蜘蛛数量的消长(1978 年广东增城)(根区施药是各种内吸杀虫剂试区蜘蛛的平均数)

第三次调查是 1978 年 4 月在增城县农科所的早造田,在呋喃丹、巴丹、杀虫双及杀虫脒混乐果的根区施药田与多次喷药田比较,后者喷药后蜘蛛类及其他天敌大量死亡,要经过一段时间后才逐渐回升。根区施药区的天敌数量从 4 月中旬开始显著上升,直到 6 月中旬仍然维持比较高的数量(见图 1)。

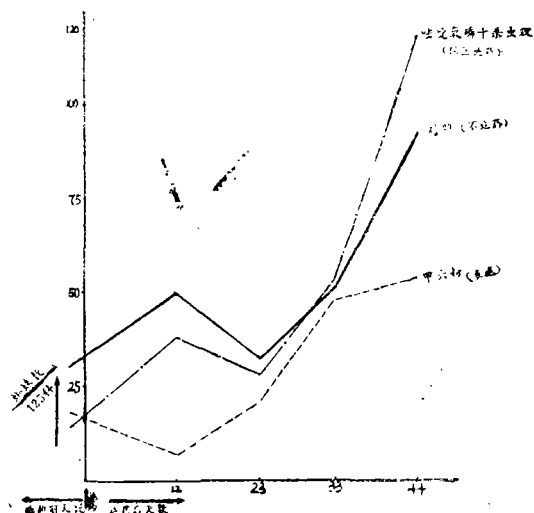


图 2 不同施药方法在晚稻田对蜘蛛类消长的影响(甲六粉每亩 1.5 斤甲基 1605 + 3% 六六六 4 斤表施)(广东省东莞县篁村公社 1980 年)

第四次是1979年晚造在东莞县篁村公社试验田调查,用噍啞氧磷及乐果混杀虫脒等施于根区后,稻田的蜘蛛显著上升,施药后12天,增加可达60%以上,但施用呋喃丹的试区由于害虫数量减少,蜘蛛密度也降低,这是受食料的影响。同时发现使用噍啞氧磷混杀虫双(每亩25%噍啞氧磷400克、20%杀虫双500克)液体深施对蜘蛛数量基本上没有影响,比之撒施甲六粉有明显的差异(见图2)。

广东稻田常见蜘蛛有十余种,主要的有拟环纹狼蛛(*Lycosa pseudoannulata*)、拟水狼蛛(*Pirata subpiraticus*)、食虫瘤胸蛛(*Oedothorax insecticeps*)、草间小黑蛛(*Erigonidium graminicolum*)、尖尾长脚蛛(*Tetragnatha caudicula*)及斜纹猫蛛(*Oxyopes sertatus*)等。以狼蛛科发生较多,蜘蛛控制稻田的飞虱及叶蝉具有重要作用。影响蜘蛛数量消长的因素是温湿度、食物、农事操作及化学农药的施用(在杀虫剂中,六六六对蜘蛛的杀伤力很大,但西维因及乐果混稻瘟净喷雾对蜘蛛影响很小)。它的数量变化很大,可由每亩十几万头降低到几万头。因此,在稻田实行根区施药是保护蜘蛛有效方法之一。根据浙江省丽水县农科所1978年的调查,根区施用呋喃丹后,每亩蜘蛛数增加约3~6万头〔多数为八点球腹蛛(*Theridium octomaculatum*)及微型蛛〕,由于天敌数量的增加,对褐稻虱的防治也起了一定作用。

除了蜘蛛之外,根区施药稻田的其他天敌如宽蝽(*Microvelia* sp.)、宽尾蝽科(*Veliidae*)也有所增加。

深层施药对水稻害虫寄生天敌的影响如何,也是值得调查的一个重要问题。50%噍啞氧磷乳油如作喷雾用,杀伤天敌是严重的。我们的室内实验表明,与10ppm接触,对稻瘿蚊的黄柄黑蜂(*Platygaster* spp.)、长距旋小蜂(*Neanastatus cinctiventris*)及斑腹小蜂(*Obtusiclava oryzae*)都有较强的杀伤力。根据广东省昆虫所的测定,呋喃丹对黄柄黑蜂触杀的致死中量(LC_{50})为1.35ppm,杀虫脒则为24ppm。如用毒土法施用,杀伤力则可降低。如用根区施药,初步观察对寄生蜂比较安全。1977年我们在新会县对乐果混杀虫脒等几种内吸杀虫剂深施对稻瘿蚊黄柄黑蜂的影响,进行了初步调查,证明对这种蜂的羽化基本上没有影响。又1979年晚造在东莞县篁村公社调查秧田施呋喃丹于土壤然后播种,移植后稻瘿蚊被黄柄黑蜂寄生率达25%,而施用甲六粉处理的寄生率只达8.7%,有的甚至0%,亦可见根区施药对寄生蜂有一定的选择性。

根区施药对三化螟卵寄生蜂羽化的影响,1978年晚造在广东增城县进行了一次调查,表明把杀虫剂施于土壤里对寄生蜂起了显著的保护作用(见表5)。

表5 深层施药对三化螟卵寄生蜂(*Trichogramma* spp.)的影响

广东增城 1978年7月

处 理 小 区	检查卵块数	卵粒总数	赤眼蜂总数		黑 卵 蜂 数		寄生率 (%)
			活 蜂	死 蜂	活 蜂	死 蜂	
噍啞氧磷100克/亩液体深施	7	966	349	3	4	1	37.0
噍啞氧磷100克/亩块粒深施	7	966	298	9	2	0	32.0
对 照 (不施药)	11	1518	482	26	30	0	35.7

总的说来,根据几个地区的调查结果,农药施于土壤里,对害虫捕食及寄生天敌是能起一定保护作用的,对于保持生态系统的平衡是有帮助的,这对于综合防治有着重要的意义。但稻田的生态系统是比较复杂的,而且在一年中有很大的变化,害虫与天敌之间食物链的具体关系,因时因地及人们所采取的措施而有所不同。有的根区施药措施亦可能对天敌发生一些不利的影响,例如呋喃丹深施,水稻吸收后,可以使捕食性天敌黑肩绿螳螂致死,亦可以杀死在叶鞘内褐稻虱的卵块,这样亦同时把卵寄生蜂杀死。根区施药对害虫天敌及整个农田生态系统的影响如何,与生物防治可以结合到怎样一个程度,这是要在一个比较大的面积内进行几年的长期调查观察,才能获得正确的结论。

五、讨论及结论

根据作物根部易于吸收农药,运转迅速,农药施于土壤可以减少损耗,延长残效期以及农药施于根区可以保护天敌,帮助维持农田生态系统平衡等原理,五年来我们连续进行把内吸杀虫剂施于根区防治水稻害虫试验及示范,共试验14种农药。盆栽及大田多次试验表明,在一定条件下对水稻主要害虫三化螟、二化螟、大螟、稻纵卷叶螟、稻瘿蚊、褐稻虱、叶蝉、稻蓟马及稻象甲有很高的防治效果。

有机磷化合物中,乐果被水稻根部吸收快,一天之后便转运至叶尖部,但对初孵三化螟只有7—10天的残效期,对蓟马有效期还可达20天。氧乐果的残效期亦较短,深施于土壤7天后对褐稻虱的防效达94%,但以后就下降。稻瘟净深施于土壤,可以治稻瘟病,亦可治虫。稻瘟净混乐果对褐稻虱防治效果可达90%,残效期约20天,对稻瘿蚊亦有一定的药效。稻瘟净亦可与磷胺或杀虫脒混合使用。

含有嘧啶基的有机磷化合物中,嘧啶氧磷的药效最为突出。它是防治稻瘿蚊的特效药,施用一次,可控制此虫的为害,比之呋喃丹的药效更高,但残效期较短。对稻纵卷叶螟亦有相当高的防治效果。如与巴丹或杀虫双混用,对三化螟的防效可达98%,残效期30—50天。乙嘧硫磷及地亚农对稻瘿蚊的防治有明显的效果。

水稻根部吸收甲胺磷及乙酰甲胺磷后,对三化螟及褐稻虱有一定的防效,但易于分解失效,残效期短,远不及呋喃丹。乙酰甲胺磷与巴丹或杀虫脒混用,大大提高了对三化螟的效力,残效期可达30天,对防止三化螟初孵幼虫入侵比之单独施用巴丹效果更为显著。

呋喃丹无论在水面施用或混在土面或在根区深层施用,都表现出比较好的药效,对防治三化螟、二化螟、大螟、褐飞虱、叶蝉、稻象甲及稻瘿蚊效果显著,但以根区深施法的残效期最长。秧苗的培养液如含有1 ppm的呋喃丹,对初孵的三化螟即具有强烈的拒食作用。呋喃丹在播种前施于秧田,对防治中、晚造稻瘿蚊及其他主要害虫(稻纵卷叶螟除外)效果非常突出,这个方法已为农民所广泛采用。呋喃丹对稻纵卷叶螟药效不好,特别在稻纵卷叶螟大发生时期效果更差。为了补救这个缺点,呋喃丹可与巴丹、易卫杀、杀虫双或杀虫脒混用,这样基本上可以解决水稻各种主要害虫的为害。

巴丹、易卫杀、杀虫双是一类杀虫作用机制相同的新发展起来的内吸剂,它进入虫

体后是变为沙蚕毒而起致死作用的。巴丹类杀虫剂具有触杀、胃毒、杀卵及内吸作用,施用于土壤里,水稻根部易于吸收传导,对鳞翅目害虫特别有效。对防治初孵三化螟幼虫很有效,施药后50天仍有一定效果。除了对钻蛀性的螟虫外,对稻纵卷叶螟及蓟马亦有较高的药效。因此,这类高效的内吸剂为深层施药品种提供了一个新来源,值得重视。

杀虫脒深施于土壤里对三化螟、二化螟及稻纵卷叶螟有明显的效果,但对大螟药效差。杀虫脒被稻根吸收后,残留于植株内的时间较长。根据菲律宾国际水稻研究所的试验,用胶囊法深施,施药后5天,杀虫脒及其代谢物在稻株内残留量高达44.5ppm,在40天后仍存有9ppm。他们又证明水稻营养液如含杀虫脒在10ppm以上,对褐稻虱的取食即起显著的抑制作用。根据我们的初步观察,杀虫脒被水稻吸收后对初孵三化螟的拒食作用也是很明显的。杀虫脒的特点是残留时间长,对植株起了保护作用,但为了防止对人、畜的残毒,我们认为今后如仍在水稻上继续使用杀虫脒,可考虑作为根区施用,但要降低每亩用药量,注意安全间隔期,亦可以考虑与乐果或呋喃丹混合使用。如用颗粒剂与呋喃丹混合根区施用比较安全,残毒问题可能得到解决。

内吸杀虫剂的深层施用,可用颗粒剂、块粒剂或液体。亦可与肥料混合使用。用药量一般每亩(纯药计)为100克左右。施药期要与害虫发生为害期相配合,一般在水稻插植后几天即要施药,施药后田中应有浅水层或保持湿润状态。

内吸杀虫剂施用于土壤,除了液体或固体用工具进行根区深施之外,根据我们过去的调查共有六种方法:(1)秧田播种前先把药剂撒施于畦面,然后用木板拖平,把药压入泥层,随即播种;(2)秧苗根系带药机械插植,这对使用呋喃丹颗粒剂最为方便;(3)固体深施与表面撒施相结合,总药量不变,这样表施药效发挥较快,同时残效也得到保证;(4)本田撒施颗粒剂后即结合中耕耘田;(5)内吸杀虫剂可与杀菌剂混用。1979年增城县农科所初步试用井冈霉素混呋喃丹及杀虫脒防治三化螟、飞虱及纹枯病获得良好效果;(6)内吸杀虫剂可以和杀草剂混用。1979年广东佛山地区农科所在晚造秧田每亩用3%呋喃丹颗粒剂4斤,混25%除草醚(或除草丹)0.8斤,防治秧田杂草效果显著。

关于根区施药对水稻的残留量问题,根据菲律宾国际水稻研究所的测定,呋喃丹每公顷用纯药1公斤(即每市亩施用纯药66.7克),稻谷种子含呋喃丹的残留量为0.08ppm。另一个报道是用10%颗粒剂每公顷20公斤(即每市亩用纯药133.5克),共施用4次,收获时残留量也不超过美国政府所规定的限度0.2ppm。

我们用噻啉氧磷每亩纯药100克进行根区施药,糙米中的残留量不超过0.15ppm。杀虫脒深施于土壤里,残留时间是比较长的,但根据我们初步试验分析结果,每亩用纯药100克,间隔期80天,糙米中未有检出杀虫脒及其代谢物,但谷壳则含量较多,达0.92ppm;如用喷雾方法不注意控制用量及间隔期,则在糙米及谷壳里的残留量可高达1ppm以上,这是不能允许的。但总的看来,有机磷及氨基甲酸酯类内吸杀虫剂深施于土壤,如能控制用药量及施用间隔期,合理使用,残留量一般是不会超过规定指标的。但这个问题还要作进一步的试验,要在不同条件下做更多的残留分析工作。

关于根区施药对于害虫天敌的保护作用，我们曾对稻田捕食性蜘蛛类、对稻瘿蚊卵及幼虫的寄生蜂，以及对三化螟卵寄生蜂的影响进行初步调查，结果表明，深施呋喃丹等药剂的稻田，蜘蛛类显著增加；深施噻啉氧磷的稻田，对稻瘿蚊黄柄黑蜂 (*Platygaster* spp.) 的羽化及三化螟的卵寄生蜂 (*Trichogramma* spp.) 的寄生率没有影响。但把内吸杀虫剂施于土壤里，对害虫天敌也不能说是绝对安全的。例如呋喃丹对飞虱是具有杀卵特点的，在杀卵的同时，也可能把卵的寄生蜂杀伤。稻田的生态系统是比较复杂的，一年中有很大的变化。害虫与天敌间的食物链，因时因地及人们所采取的措施而有所不同。因此，必须进行大面积的长期的调查观察，才能获得较全面的结论。但可以肯定，根区施药对害虫天敌的影响比之常用的喷雾、喷粉及毒土撒施等方法安全的，可以收到保护天敌的良好效果。

根区施药有比较突出的优点：(1) 与叶表喷雾等施药方法比较，残效期长，内吸杀虫剂施于根区附近，易于被植株吸收，很快就被运转至水稻植株生长部位，对害虫防治利用效率较高 (Siddiqui 1958)，因为可以避免叶面喷雾或水面施药所引起的冲走、蒸发及水面流失，亦可避免叶面光分解的影响。例如每亩用巴丹纯药100克制成泥丸深施，对三化螟及稻纵卷叶螟50天后仍有相当高的防效 (约80%)。呋喃丹一次施用，残效期可长达60天，比土面撒施长30天。每亩用纯药100克与球肥混合施用一次，在广东南部可以把早造的第一第二代三化螟及稻蓟马等控制不致为害，如用其他施药方法是不能达到的。(2) 可以同时防治水稻多种害虫 (包括咀嚼口器及刺吸口器的害虫)。对一些虫害多的田块特别适用。例如在浙江的单季中、晚稻生育期长，害虫种类多，虫口密度高，为害重，是一种“桥梁田”，深层施药特别有效。在广东、广西一带的中造田情况也是如此。为了弥补某种杀虫剂对某一种害虫的药效较差，例如呋喃丹对稻纵卷叶螟，可以把呋喃丹与易卫杀或杀虫双混用，即可达到要求。(3) 节省用药量。根区施药如使用适当，例如呋喃丹一般每亩用纯药70—100克即有效，比常用的喷雾或水面施药方法可能减少用药量50%以上。(4) 避免雨水的冲刷，解决雨季施药的困难。(5) 可以有效地保护害虫的天敌，使生物防治发挥作用。(6) 减少了对环境的污染，降低了残毒的危害。把农药施于土壤，在一段比较长的时间内受到化学的生物的 (主要是微生物的) 分解，药剂易于降解。如药剂施用较早，离收获期间隔较长，残留量可以控制在允许的范围内，保证对人畜的安全。

此外，根据 Verma (1974年) 的报道，在印度，把农药施用于土壤，可以成功地防治多种作物的害虫，具有不少优点。他特别指出，土壤施药可以延缓害虫抗药性的产生，因为不被药剂所杀死而留下的害虫，可能被生物因素所控制而不致发展成为抗性种群。

根区施药方法并不限于稻田应用。在广东博罗县国营杨村柑桔场盆栽试验表明，应用氧乐果根区深施可以防治柑桔红蜘蛛；应用巴丹或易卫杀深施，可以防治柑桔潜叶蛾。效果良好。江西赣州地区甘蔗研究所及广东顺德县农业局田间小区试验证明，呋喃丹埋入蔗畦土中，可以有效地防治甘蔗螟虫。广东林业科学研究所的田间试验表明，呋喃丹深施于土里，保持土壤一定湿度，对防治洪都拉斯加勒比松 (*Pinus caribaea* var.

hondurensis) 的松梢螟 (*Dioryctria splendidella*) 的效果良好。在这方面, 国外作了不少的报道, 例如 Abrahamson et al. (1977) 在美国南部试验表明, 用 10% 呋喃丹颗粒剂每公顷 44.8 公斤深施于苗圃 15—25 公分, 有效地防治三角叶杨树的金花虫 (*Chrysomela scripta*) 及其他害虫, 认为这个方法是安全而效率高的。

因此, 总的看来, 我们认为把内吸杀虫剂施于根区作为病虫害防治有效措施之一是具有广阔的前途的, 它可为综合防治提供新的内容、新的方法。1979 年在广东、湖南、湖北、浙江等省共推广示范稻田根区施药约达 3000 余亩, 效果良好。

当然事物是一分为二的。在农业害虫防治上, 根区施药不能完全代替农业技术防治、生物防治、物理防治等方法, 也并不是适用于所有水稻田和旱稻田。根区施药有一定的缺点, 并且还存在一些问题, 有待进一步研究解决的: (1) 根区施药因药剂不同施药对象不同, 混合配方可以防治多种害虫, 但也不能防治某些个别害虫如粘虫及稻苞虫。(2) 根区施药一般要在水稻移植后早期施用。虽然药效能维持到相当长的时间, 但在后期水稻接近收获的一个时期, 如受到飞虱等大发生为害, 往往要补喷一次农药, 这样用药量要增多一些, 同时对保护天敌会产生不良的影响。(3) 根区施药如用液体农药, 可用液体深施器, 每人每天平均可施 4~5 亩, 这还是比较慢的。此外, 还有些田块土壤硬结, 工具不易推动。如用颗粒深施, 广东高要县广利公社群众近年设计的一个简单的深施器, 可以在稻田使用, 但效率还不高, 有待于改进。稻田根区施药如何赶上农业机械化的要求, 还有许多工作要做。(4) 内吸性杀虫剂与肥料、杀菌剂和杀草剂混合施用, 以及根区施药在病虫害综合防治整个措施中所占的地位和作用, 这些问题在农业生产上是很有意义的, 但在这方面的研究工作仅仅在开始。

至于在科学理论上如何阐明深层施药的杀虫作用机制、植株吸收药剂后的运转、代谢及残留规律, 以及不同药剂在不同条件下药剂吸收和运转, 以及药效的变化、农药在稻谷残留对人、畜的健康的影响、施用药剂后周围生物群落以及对土壤动植物和微生物的影响等, 这些问题都有待于我们今后努力去探索的。

当前我国对于稻田推广根区施药存在的主要问题, 是内吸杀虫剂的大量供应和施药工具的设计和推广。内吸杀虫剂现有的品种是比较多的, 今后还会不断有新的品种出现。只要化工和供销部门重视, 生产供应问题可以逐步解决。至于施药机具, 要求成本低、工效高, 液体的施药器械必须具有使用轻便适于一般稻田而不易于陷下, 用药量能加以控制。固体深施器要做定位粒施, 阻力小。深施器械并应尽可能结合施肥、除草、中耕, 使能发挥更大的作用。外国无论在液体深施或固体(颗粒)深施器械上都已创制了一些新型号, 可以供我们参考借鉴。如果农机部门能配合, 抓紧试验研究, 相信是可以解决的。

表 1. 噻啉氧磷及其混合剂型根区施药对水稻几种害虫药效试验 (1977—1979年)

试验年份	地点	每亩用药量(纯药计) 剂型及施药方法	施药后 天数	施药后不同历期对各种害虫的防治									
				三化螟			稻纵卷叶螟			稻蓟马			稻瘰蚊
				枯心率 %	白穗率 %	防效 %	卷叶率 %	防效 %	卷叶率 %	施药后卷叶 率下降率 %	标穗率 %	防效 %	
早	广州石牌 1977年	每棵禾旁边深施8% 粒剂0.2克(盆栽试验)	5	2.27									
			10	0									
	广东新会县杜阮公社 1977年		51		80.8*								
		75克, 用氨水深施器 进行液体深施	17								0.173	89.5**	
		125克, 每科禾旁边 深施一颗粒	28	2.93		89.3					0.05	99.7	
中	华南农学院农场 1977年	50克 液体深施	23	0.6		60.0	4.0						
	广东新会县杜阮公社 1978年	100克 液体深施	29	14		73.0	0.58	93.3			1.0		
			51		1.15	64.1	9.5	89.0			1.4	64.5	
晚	广东增城县农科所 1978年	125克 每二棵禾中 间深施一粒	28		0.64	50.8			2.62				
			50										
	广东东莞县篁村公社 1979年	N-23、杀虫双各 100克, 液体深施	24				0.13	83.0			0.52	84.2	
			33				0.05	99.3			0.42	84.9	
			44				0.35	85.5			1.05	79.3	
造	广东增城县农科所 1978年	N-23、巴丹各500 克, 液体深施	28				0.11						
			50		0.02	98.6					0.3	80.0	
	广州石牌 1978年	50克混烟素10斤深施	23	0.3		80.0	0.2	91.6					
		N-23、巴丹各50克 液体深施	11								1.89△		
		N-23、杀虫双各50 克液体深施	29	0.01		99.8	1.6	80.7			1.50		
	1978年		11								1.22▲		
			29	0.01		99.8	1.26	85.4			1.05		

* 对照组白穗率51.08%。 ** 幼虫死亡率89.5%作为防效指标。△该药剂处理稻瘰蚊幼虫死亡率72%。

表 2. 呷喃丹根区施药对水稻几种害虫药效试验 (1977—1979年)

试 验 地 点 年 份	每亩用药量(纯药计) 剂型及施药方法	施药后 天 数	施 药 后 不 同 历 期 对 各 种 害 虫 的 防 治											
			三 化 螟			稻纵卷叶螟		稻 蓟 马		稻 穗 蚊		褐 飞 虱		
			枯心率 %	白穗率 %	防 效 %	卷叶率 %	防 效 %	卷叶率 %	施药后卷叶 下降率%	标穗率 %	防 效 %	标穗率 %	防 效 %	
早 造	广州市郊农科所 1977年	40	0.20											
	广东增城县农科所 1978年	40	0.26			0.33		0.01	99.9					
	湖北省监利县 1979年	25 35	0 0~0.15	100 83.6~100										
	华南农学院农场 1979年	17 33 17 33						0 0.81 0 0.08	100 69.07 100 96.4					
中 造	广州市郊农科所 1977年	28	0.48		97.4						0.83	93.8		
	广东增城县农科所 1978年	30 50		0.04	96.9	14.14								84.9 86.4
晚 造	湖北省监利县 1978年	10 30												
	1979年	20 64	0.04	0.33	97.5 74.8									
	浙江省桐乡县 1978年	15 30 24 33 44				70.8 50.0			98.7					
	90 克 + 杀虫眯75 克 液体深施	24 33 44				0.20 0.89 0.54	73.7 87.8 77.6				0.31 0.35 0.37	90.6 87.4 92.7		
造	广东东莞县篁村公社 1979年	24 33 44				0.60 21.0					0.05 0 0	98.5 100 100		
	75克表撒施中耕混入 泥层	24 33				0.57 6.52	25.0 10.8				0.08 0.56	97.6 79.9		
	90克撒施后混入秧畦 泥层中	30* 30**									0.30 0.98	91.5 72.0		

* 带水撒施混入泥层中, ** 无水撒施混入泥层中。

表 3. 巴丹、杀虫双及易卫杀根区施药对水稻几种害虫的药效试验 (1977~1979年)

试验地 年份	每亩用药量(纯药计) 剂型及施药方法	施药后 天数	三化螟			稻纵卷叶螟			稻蓟马			稻飞虱	
			枯心率 %	白穗率 %	防治 %	卷叶率 %	施药后卷叶 率% (或防治)	卷叶率 %	卷叶率 %	施药后卷叶 下降率 %	卷叶率 %	标测率 %	防治 %
早	广州石牌 1977年	51		19.4*									
	广东增城县农科所 1978年	33				0.19			0.25		96.9		
		63				0.80							
造	100克杀虫双, 液体 深施	19				0.13			10.8				
		33				0.35			3.1	63.3			
	100克巴丹, 液体深施	31				0.0							
	100克杀虫双	25	0		100								
	巴丹100克	41(17) 60(31)		0.04 2.09	96.4 21.7	(0.0)** (1.45)	(100) (51.8)						
中造	杀虫双100克 液体深施	41(17) 60(31)		0.09 1.08	91.9 59.5	(0.006) (2.11)	(96.0) (29.9)						
	易卫杀100克	41(17) 60(31)		0.18 0.64	83.78 76.03	(0.03) (1.79)	(80.0) (40.53)						
	100克杀虫双, 液体深施	29	0		100	1.1	86.8						
	100克巴丹 泥丸深施	15 50					77.0 79.8			89.1			
晚造	巴丹100克 杀虫双100克	20 64	0.037		98.6 82.4								
		20 64	0.06		98.6 41.9								
	杀虫双100克	64		0.76									

* 对照 (不施药) 的白穗率51.07%。

** 是施药后17天和31天调查结果。

表 4. 杀虫脒及其混合剂型根区施药对水稻害虫的药效试验 (1977~1979年)

试验年份	每亩用药量(纯药计) 剂型及施药方法	施药后 天数	施药后不同历期对各种害虫的防效				
			三化螟	稻纵卷叶螟	稻蓟马	稻瘿蚊	稻瘿蚊
			枯心率 %	白穗率 %	防效 %	卷叶率 %	卷叶率 %
早	广州石牌 1977年	5	0	100			
		10	7.69				
		51		23.0*			
造	广东增城县农科所 1978年	19				0.16	
		63				1.76	
		31				0.2	88.2
中	广东新会县杜阮公社 1978年	31				0.44	76.5
		21	1.60		63.7		1.28
		29	0.27		76.0	0.56	93.5
造	广东增城县农科所 1978年	51		1.10	65.0	4.30	95.3
		28				0.78	
		50		0.14	89.2		
晚	华南农学院农场 1978年	23	0.8			0.60	75.0
		46	0.04		98.0	0.50	64.0
		61		0.79		11.87	0.2
造	广东增城县农科所 1978年	46	0.14		92.0	0.15	89.0
		61	0.12		93.0		
		24		0.62	47.6		
造	广东东莞县篁村公社 1979年	33				0.13	82.89
		24				1.42	80.57
		33				0.05	93.03
		44				1.32	81.94
		44				1.49	38.20

* 对照组白穗率 52.2%。

参 考 文 献

1. 赵善欢、宋寿龄、朱绍先、陈安娥：1965，乐果及其他杀虫剂防治三化螟的研究。《广东农业科学》，1965(1)：29—34。
2. 湖南省桂阳县农业局生防站：1978，新农药噻啉氧磷对害虫天敌的毒杀力试验小结。《农药工业》，1978(4)：63。
3. 赵善欢：1978，农业害虫综合防治的新方法——深层施药防治水稻害虫的试验(1978年7月在山西太原全国农业学术讨论会的报告)。《广州市科学技术情报所科技资料》，4页。
4. 华南农学院植保系植物化学保护教研组：1978，深层施药防治水稻害虫试验。《广东农业科学》，1978(3)：21—33。
5. 尚稚珍：1979，巴丹类新型杀虫剂的化学结构与杀虫作用。南开大学元素有机化学研究所，1—28页。
6. 姜成后：1979，高等植物生长发育中同化物的转移。中国植物生理学会全国学术讨论会(油印本)。
7. 阮义理、项建成：1979，根区施药防治稻虫的试验总结。《浙江农业科学》，1979(4)：35—41。
8. 湖北省监利县病虫测报站：1979，稻田深层施药试验示范总结(油印本)。
9. Abrahamson, L. P. et al.: 1977, Control of certain insect pests in cottonwood nurseries with the systemic insecticides, carbofuran. Jour. Econ. Ent. 70(11): 89—91.
10. Aquino, G. B. and M. D. Pathak: 1976, Enhanced absorption and persistence of carbofuran and chlordimeform in rice plant on root zone application under flooded condition. Jour. Econ. Ent. 69: 686.
11. Aquino, G. B., E. A. Heinrichs, S. Chelliah, M. Arceo, S. Valencia and L. Fallellar: 1979, Recent development in the chemical control of the brown planthopper *Nilaparvata lugens*(Stal). IRRI Saturday Seminar 10 Feb. 1979 Manila, Philippines.
12. Bowling, C. C.: 1970, Lateral movement, uptake and retention of carbofuran applied to flooded rice plants. Jour. Econ. Ent. 63: 239—242.
13. Cantele, W. W. and K. Kovitvadhi: 1967, Effectiveness of insecticides applied to the root area of the rice plants in controlling rice gall midge. Jour. Econ. Ent. 60(1): 109—111.
14. Choi, S. Y. (崔承允) et al.: 1977, Placement of insecticides in the root zone of the plants for rice insect control. Kor. Jour. Pl. Prot. 16(3): 155—161.

15. Ercegorich, C. D. et al.: 1972, Disappearance of N-(4-chloro-O-toyl)-N, N-dimethyl formamidine from six major fruit crops. *Jour. Agric. Food Chem.* 20(3): 565—568.
16. Fest, C. and J. Schmidt: 1973, The Chemistry of Organophosphorus Pesticides. Reactivity, Synthesis, Mode of Action, Toxicology. Springer—Verlag.
17. Heinrichs, E. A. : 1977, Chemical control of the brown planthopper. In "Brown planthopper symposium" P. 18—22. April 1977 IRRI, Philippines.
18. Heinrichs, E. A., G. B. Aquino, J. A. McMennamy et al.: 1977, Increasing insecticide efficiency in lowland rice. *Agri. Mechanization in Asia*, 8(3): 41—47.
19. Heinrichs, E. A. , O. H. Fullmer, J. N. Seiber and G. B. Aquino: 1978, Carbofuran residues in rice grain as affected by application technique. *Intern. Rice Res. Newsletter*, 3(5): 17.
20. Hirano, C. and K. Kiritani: 1975, Paddy ecosystem affected by nitrogenous fertilizer and insecticides. *Science for Better Environment (Proceedings of the International Congress on Human Environment, Kyoto, 1975)* Published by the Asahi Evening New, Tokyo, 1976, P. 197—206.
21. Islam, B. N. and M. A. H. Miah: 1979, The control of rice stem-borers (Lepidoptera: Pyralidae) by insecticides applied to the root of rice plants. *Bull. Ent. Res.* 69(3): 395—404.
22. Iwata, I. : 1973, Rice insect control by fine granular formulation of insecticides in Japan. *Japan Pestic. Inf.* 14: 23—26.
23. Koyama, T. : 1971, Lethal mechanisms of granulated insecticides. *PANS (Pest Artic. News Aumm.)*, 17: 198—201.
24. Laveglia, J. and P. A. Dahm: 1977, Degradation of organophosphorus and carbofuran insecticides in the soil and by soil microorganism. *Ann. Rev. Entomol.* 22: 483—513.
25. Luttge, U. and N. Higinbotham: 1979, Transport in plants. Springer—Verlag New York.
26. Metcalf, R. L., T. R. Fukuto, C. Collins, K. Borck, S. Eliaziz, R. Munoz and C. C. Casil: 1968, Metabolism of 2, 2-dimethyl-2, 3-dihydrobenzofuranyl-7-methylcarbanate (Furadan) in plants, insects and mammals. *Jour. Agric. Food Chem.* 16: 300.

27. Milne, D. L. : 1978, Control of nursery pests with dimethoate in soil. *Citragraph*, 63 (13) : 61—62.
28. Pathak, M.D., D. Encarnacion and H. C. Dupe: 1974, Application of insecticides in the root zone of rice plants. *Indian Jour. Plant Prot.* 1 : 1—15.
29. Riggensbach, A. : 1978, Chemical and physical properties, biological, crop protection and safety performance of "Evisect". AgrocDivision, Sandoz Ltd. Basle, Switzerland. 43p.
30. Sethunathan, N., S. Caballa and M. D. Pathak: 1971, Absorption and translocation of diazinon by rice plants from submerged soils and paddy water and the persistence of residues in plant tissues. *Jour. Econ. Ent.* 64 (3) : 571—578.
31. Seiber, I. N., E. A. Heinrichs, G. B. Aquino, S. L. Valenola, P. Andrade and A. M. Argente: 1978, Residues of carbofuran applied as a systemic insecticide in irrigated wetland rice: implications for insect control. *IRRI Res. Paper Series No. 17*.
32. Siddiqui, A. A. : 1958, The practical uses of systemic insecticides. *Pakist. Jour. Sci.* 10 : 203—204.
33. Varma, B. K. : 1974, Control of pests by soil treatment with insecticides. *PANS* 20 (1) : 23—29.
34. Wortmann, G. B. and F. Schafer: 1977, The control of sucking insects with particular reference to citrus psylla (*Trioza erythrae*) by means of a soil applied systemic insecticide. *Citrus and Subtropical Fruit Jour.* No. 520 : 14—16.

Studies on the Principle of Root-zone Application of Systemic Insecticides and its Effectiveness on the Control of Rice Insects

Chiu Shin-Foon, Huang Zhang-Xin, Huang Duan-Ping,
Huang Bing-Qiu and Xu Mu-Chang

(Dept. of Plant Protection)

ABSTRACT

Results of five years' experiments conducted in South China indicated that root-zone application of systemic insecticides effectively controlled nearly all the potential insect pests of rice ---the yellow stem borer (*Tryporyza incertulas*), the striped stem borer (*Chilo suppressalis*), the pink borer (*Sesamia inferens*), the rice leaf folder (*Cnaphalocrosis medinalis*), the rice gall midge (*Orseolia oryzae*), the brown planthopper (*Nilaparvata lugens*), the green leaf hopper (*Nephotettix spp.*), the rice thrip (*Baliothrips biformis*) and the rice weevil (*Echinocnemus squameus*). Altogether 14 compounds have been evaluated for the control of various species.

Dimethoate is readily absorbed by the root of rice plant and translocated to the stem and the leaf blade, more was found in the tips of young leaves. The consistently higher dimethoate residue in the young leaves may partially explain the chemical's greater efficacy in controlling the rice thrip, because the insect congregates and feeds at the tip of young leaves.

Kitazine in the root-zone application can be used both as a fungicide and insecticide. At a rate of 3Kg AI/ha., a mixture of kitazine and dimethoate gave a 90% control of the brown planthopper in 20 days after treatment. The residues in the rice grain through such application is expected to be well below the tolerance limit.

It was found that a series of organophosphorus compounds containing the pyrimidinyl radicle are very effective systemic insecticides when applied in soil. Pyrimioxythion [O, O-diethyl-O-(2

—methoxy—4—metyl—pyrimdyl—6) phosphoro—thionate (N23)] was found to be the most effective systemic insecticide against the rice gall midge. It is more effective than carbofuran or diazinon with a residual action of 30 days. Generally one application is sufficient to provide effective control of the rice gall midge during the entire crop. Mixed formulations of pyrimioxythion with padan or dimehypo [S,S (dimethylamino) trimethylene dithiosulfuric acid ester] at a rate of 1.5 kg AI/ha. applied in the root-zone provided very effective control of rice borers, the rice gall midge and the leaf folder. This formulation appears to be of practical importance. Diazinon and pirimiphos-ethyl were also found to be effective against the rice gall midge.

Acephate and tamaron are not potent as systemic insecticides but when applied in soil they provide short-term control of the yellow stem borer and the brown planthopper. They are characterized by their short residual action. Acephate when used in an admixture formulation with padan or chlordimeform, the effectiveness was found to greatly increased.

According to the results of extensive trials, one application of carbofuran granules in the root-zone at a rate of 1.5 kg AI/ha. provided effective control of the rice gall midge, the yellow stem borer, the pink borer, the rice thrip, the green leafhopper and the brown planthopper. Against rice borers its residual action was found to be as long as 40—60 days. One application of carbofuran granules by soil incorporation in the rice seed-beds provided good control of one generation of the rice gall midge and other insect pests. The insecticide was carried with the rice seedlings to the paddy field and proved to be effective after transplanting without adverse effects on the parasite, *Platygaster* spp., This method of soil application of carbofuran has been popularized among rice farmers in Kwangtung, Kiangsu and other provinces.

Carbofuran, though a broad spectrum insecticide, is not very effective against the rice leaf folder. In fields wherein, in addition to the common insect pests, a heavy infestation of the rice leaf folder occurs, it is recommended to apply carbofuran in admixture,

with padan or dimehypo or chlordimeform in the root-zone.

Nereistoxin from a marine annelid, has served as a starting point for a group of very useful insecticides. In recent years, it has been found that padan, dimehypo and thiocyclam hydrogen oxalate ("Evisect") are good systemic insecticides when applied in the root-zone for the control of stem borers, the rice leaf folder and the rice thrip. These compounds are derivatives of *nereistoxin* and are selective contact and stomach insecticides. They act as a synaptic blocking agent. Their mode of action differs completely from that known of organophosphorus and carbamate compounds. The long residual action of padan applied in soil is outstanding against the yellow stem borer it was found to be effective up to 50 days after treatment.

Preliminary experiments indicated that thiocyclam hydrogen oxalate ("Evisect") when applied in root zone at a rate of about 1.5 Kg AI/ha. was very effective against the rice thrip, the yellow stem borer, the striped stem borer and the rice leaf folder. This new insecticide seems to be very promising and deserves further investigations.

Chlordimeform has been used in China to control rice and sugarcane borers, the rice leaf folder and also red spider mites on citrus and apples. In root-zone application chlordimeform was found to be effective against the yellow stem borer, the striped stem borer and the rice leaf folder, but ineffective against the pink borer. Chlordimeform may be used in admixture with dimethoate or carbofuran. This insecticide has a very remarkable anti-feeding action. Rice seedlings cultured in water containing 1 ppm of chlordimeform were free from the attack of the newly-hatched larvae of the yellow stem borer. In order to increase the effectiveness in control and to keep the residue of chlordimeform and its metabolites below the tolerance limit, it is recommended that a low dosage of chlordimeform granules should be mixed with carbofuran for root-zone application.

Applications of systemic insecticides in soil may be in formulations of granules, tablets or liquid. The tablets can be prepared by mixing the insecticide with sugarcane bagasses or saw dust, white clay and paper pulp waste. The insecticides can also be mixed with

fertilizers and mud, rolling the mud into pills or large mudballs. It can also be mixed with fungicides or herbicides. Generally the dosage required is about 1—1.5 kg AI/ha. The time of application should be monitored by forecasting so that it will hit the weak link of the life history of the insect. Usually the insecticide is applied after a few days after transplanting. A 2—3 cm. depth of water should be maintained at least during the first week after application and, the rest of time the soil should be kept moist or with a thin layer of water.

The root-zone application of systemic insecticides has the following merits;

1. The root-zone application provides highly efficient and long-lasting insect control, because it makes the chemical readily available to the roots of the rice plant and thus it is easily absorbed and translocated to various parts of the plant tissue. The insecticide is shielded from sunshine, heat and volatilization. Degradation caused by photodecomposition and losses due to physical factors, such as seepage and runoff, are minimized. Results of our field experiments showed that application of padan at a rate of 1.5 kg AI/ha. in the root-zone provided effective control of the yellow stem borer and the rice leaf folder 50 days after treatment. One application of carbofuran in mud balls in the root-zone was effective in controlling the first and second generations of the yellow stem borer and the rice thrip in the entire early crop. In the Philippines, it has been shown that a single application of an insecticide in the root-zone of rice plants protected the crop from pest damage comparable to 3—4 times the rate used in paddy water application (Aquino and Pathak 1976).

2. Several species of potential insect pests of rice can be brought under control by the method of application of systemic insecticides in soil during the entire crop season. This includes insects with chewing or piercing-sucking mouthparts. This method is particularly adapted to the control of insect pests in fields with heavy infestations of more than one species. Applications of carbofuran mixed with padan (or Evisect) in the root-zone may provide effective control of the following 8 species of important pests in South China, the rice thrip (Thripidae, Thysanoptera), the green leaf hop-

per (Cicadellidae, Homoptera), the brown planthopper (Delphacidae, Homoptera), the yellow tsem borer, the rice striped stem borer, the rice leaf folder (Pyralidae, Lepidoptera) the pink borer (Noctuidae, Lepidoptera) and the rice gall midge (Cecidomyiidae, Diptera).

3. Compared with the conventional methods of foliar spraying or dusting, in terms of the total amount of insecticides per unit area for one crop, the dosage used in the method of root-zone application is much less. Take, for example, carbofuran at a rate of 1—1.5 kg AI/ha. in the root-zone provides effective control, and under certain conditions, dosages below 1kg AI/ha. would give satisfactory results. Thus as compared with other methods the total amount of insecticides applied may be decreased to about 50%.

4. The method of application of systemic insecticides in soil can be carried out during the rainy season. In South China, spraying or dusting of pesticides in rice fields during the rainy season is very laborious and inefficient. Frequent rains wash off the chemical from the foliage and often repeated applications are required.

5. Systemic insecticides applied in soil have been demonstrated to be less hazardous to the parasites and predators in the rice environment than when they are applied as foliar sprays or to paddy water. Although the degree of protection offered to the natural enemies depends on the kind of insecticide used and the insect pest-parasite (or predator) interaction system, there is a possibility that this method of rational use of insecticides will help to lead to increasing the stability of the paddy agroecosystem and thus it will be of great utility in developing an efficient integrated pest control program for rice insect pests.

6. The application of systemic insecticides in soil would minimize contaminations to the environment. Organophosphorus and carbamate insecticides in soil are subjected to chemical and microbial degradations. The alternation of aerobic and anaerobic conditions created by flooding and draining during rice cultivation permits efficient microbial activity in breaking down insecticidal residues. This situation is entirely different from that of organochlorine com-

pounds such as BHC and DDT. Present studies indicate that when applied at proper dosages and at definite interval from the time of harvest, the residues of pyrimioxythion and carbofuran in the rice grain at harvest does not exceed the tolerance.

The method of applying systemic insecticides in soil has become popular in Asia and has been investigated extensively in India, Indonesia, Korea, Malaysia, Philippine, Pakistan and Bangladesh. In South China we have found that the key pests of rice, particularly the yellow stem borer and the rice gall midge can be effectively controlled usually by one application in the root-zone. We have found that pyrimioxythion is particularly effective against the rice gall midge and that several admixture formulations such as pyrimioxythion mixed padan, acephate with padan or carbofuran with padan greatly increase the spectrum and efficacy of control. In view of the fact that biological control agents in integrated control of rice pests including *Trichogramma*, *Bacillus thuringiensis*, spiders and ducks possess limitations and have been used only in certain regions, while breeding for resistance to insect pests is only in its infancy in China, in the management of rice insects reliance is still concentrated substantially on cultural practices and insecticides. Therefore it is imperative to develop techniques to make the insecticide effective, economical and safe as well as less disruptive to the rice ecosystem. In such attempt, some promising results have been gathered in South China which may throw some light in developing a new integrated pest control strategy for rice insect pests and are of practical importance. In 1979, the technique of root-zone application of systemic insecticides has been tested and demonstrated successfully in about 3000 mu (200 ha.) of rice field in various provinces of South China.

The method of root-zone application of systemic insecticides has been extended to the control of insects on crops other than rice. It has been demonstrated to be promising in the control of the citrus red mite, the citrus leaf miner, the sugarcane borers and the pine shoot borer (*Diorystria splendidella*). Results of our preliminary trials in South China agreed in principle with those obtained in South Africa (Milne et al 1978; Wortmann et al 1977) and in the United

States of America (Abrahamson et al 1977).

It must be pointed out, however, that the method of root-zone application of systemic insecticides has certain demerits. Firstly, this method is not effective in controlling the army worm (*Leucania separata*) and the rice plant skipper (*Parnara guttata*). Secondly, in the root-zone application, the insecticides is generally applied a few days after transplanting. Although it may prevent a build up of insect populations to damaging levels for quite a long period, in case of late season infestations from migrations such as the rice leaf folder or the brown planthopper, another insecticide treatment (foliar spray) is often necessary. Thirdly, this method is laborious. The liquid band applicator works well only in well-prepared paddies and in certain soil types. With the delivery of the liquid in two rows at the same time, one farmer generally works to a quota of about 0.3 ha. a day. Besides clogging of the applicator often causes uneven delivery of the insecticide. The granule applicator now used is also not efficient.

From the theoretical and practical point of view, a lot of work on the method of root-zone application of systemic insecticides for the control of insect pests remains to be done. In addition to the work of screening new compounds and the synergistic action of admixtures, the mechanism of toxic action to insects, the absorption, translocation, metabolism and degradation in the soil and in the plant tissue, the effect on the environmental quality, the determinations of residues in the rice grain and in the straw, and the effect of various environmental conditions upon the actions of the insecticide are but a few of the important subjects which need further investigations. In regard to the impact of the root-zone application of insecticides on the ecosystem and its relations to the development of an efficient integrated pest control strategy for rice insect pests, this can be fully evaluated only when experiments will be conducted over an extended area for a number of years. A pest management program calls for a new type of cooperative organization of growers and we believe that the socialist system in the People's Republic of China is better adapted to attain this goal.