آلودگی شیمیائی خاک

مهندس هوشنگ مهران

مقدمه

۱ ــ آلودگی چیست ؟

۱ ــ ۱ ــ تعا ریف

۲ ــ ۱ ــ مفهوم جامع آلودگی ــ طبیعت آلوده‌کننده‌ها و رابطه آنها با تولید و مصرف

۲ ــ ضرورت بررسی آلودگی خاک ناشی‌از کاربرد آفت‌کش‌ها

۱ ــ ۲ ــ میزان پس ماند آفت‌کش‌ها در خاک

۱ ــ ۱ ــ ۲ ــ میزان پس ماند آفت‌کش‌ها درباغات‌میوه

۲ ــ ۱ ــ ۲ ــ میزان پس ماندآفت‌کش‌ها در خاکهای‌زراعی

۳ ــ ۱ ــ ۲ ــ میزان پس‌ماند آفت‌کش‌ها در دیگرخاکها

۲ ــ ۲ ــ منابع پس‌ماند آفت‌کش‌هادر خاک

۱ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌ماند آفت‌کش‌هاحاصل‌ازکاربرد مستقیم آنها در خاک

۲ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌ماند آفت‌کش‌ها حاصل از سم‌پاشی و برگشت ذرات‌معلق به خاک

۳ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌مانده آفت‌کش‌ها حاصل از آب باران و گرد و غبار موجود در هوا

۴ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌ماندآفت‌کش‌ها حاصل‌ازبقایای‌نباتی و حیوانی موجود در خاک

۳ ــ ۲ ــ عوامل موثر در پایداری حشره‌کش‌ها در خاک

۱ ــ ۳ ــ ۲ ــ طبیعت شیمیائی حشره‌کش‌ها

۲ ــ ۳ ــ ۲ ــ نوع خاک

۳ ــ ۳ ــ ۲ ــ میزان موالد آلی

۴ ــ ۳ ــ ۲ ــ میزان رس

۵ ــ ۳ ــ ۲ ــ اسیدیته خاک

۶ ــ ۳ ــ ۲ ــ یُن‌های معدنی

۷ ــ ۳ ــ ۲ ــ درجه حرارت

۸ــ ۳ ــ ۲ ــ رطوبت خاک

۹ ــ ۳ ــ ۲ ــ پوشش نباتی

۱۰ ــ ۳ ــ ۲ ــ شخم

۴ ــ ۲ ــ خطرات ناشی ازپس ماند آفت‌کش‌ها درخاک

۱ ــ ۴ ــ ۲ ــ اثر پس‌ماند آفت‌کش‌ها بر روی موجودات‌زنده‌ذره‌بینی‌خاک

۲ ــ ۴ ــ ۲ ــ اثر پس‌ماند آفت‌کش‌ها بر روی حیوانات خاکزی

۳ ــ ۴ ــ ۲ ــ ورود در زنجیره‌غذائی

۴ – ۴ – ۲ – اثرات نیمه‌حیاتی پس ماند آفت‌کش‌ها برروی حیوانات خاکزی

۵ – ۴ – ۲ – اثر پس‌ماندآفت‌کش‌ها برروی رشد و نمو نباتی

۵ – ۲ – کیفیت وراههای خروج پس‌ماند آفت‌کش‌ها از خاک

۱ – ۵ – ۲ – فرار از خاک (بخار شدن)

۲ – ۵ – ۲ – آبشوئی و آبدویدگی

۳ – ۵ – ۲ – تجزیه میکربی

۴ – ۵ – ۲ – سایر تلفات

۶ – ۲ – کاهش پس‌ماند آفت‌کش‌ها در خاک

۱ – ۶ – ۲ – روش‌های کاربرد

۲ – ۶ – ۲ – اعمال قانون

۳ – ۶ – ۲ – شخم

۴ – ۶ – ۲ – آبیاری غرقابی

۵ – ۶ – ۲ – اضافه کردن مواد شیمیائی

۶ – ۶ – ۲ – افزایش فعالیت‌های میکربی

۷ – ۶ – ۲ – گزینش مواد شیمیائی جدید

۳ – نقش کودهای معدنی و آلی در آلودگی خاک

۱ – ۳ – نقش کودهای معدنی در آلودگی خاک

۱ – ۱ – ۳ – اثرکودهای معدنی در تغییر خصوصیات شیمیائی خاک

۱ – ۱ – ۱ – ۳ – تغییر غلظت املاح

۲ – ۱ – ۱ – ۳ – تغییر PH

۳ – ۱ – ۱ – ۳ – ایجاد مسمومیت و کاهش در عناصر جزء

۲ – ۱ – ۳ – اثر کودهای معدنی در تغییر خصوصیات فیزیکی خاک

۳–۱–۳ – اثر کودهای شیمیائی در تغییر خصوصیات بیولوژیک خاک

۲ – ۳ – نقش ترکیبات معدنی مسموم کننده در آلودگی خاک

۱–۲–۳ – منابع ترکیبات معدنی مسموم کننده

۲ – ۲ – ۳ – رفتار ترکیبات معدنی مسموم کننده در خاک

۱ –۲–۲–۳– روی ، مس ، منگانز و نیکل

۲ –۲–۲–۳– کادمیم

۳–۲–۲–۳– جیوه

۴–۲–۲–۳– سرب

۵–۲–۲–۳– ارسنیک

۶–۲–۲–۳ – بُر

۷–۲–۲–۳– فلورین

۳–۳ – جلوگیری و محدود کردن آلودگی ناشی از ترکیبات غیر آلی سمی

۱ – ۳ – ۳ – کاهش کاربرد در خاک

۲ – ۳–۳– کاهش در گردش

۴– آلودگی خاک ناشی از فضولات آلی

۱ – ۴ – موارد کاربرد فضولات آلی

۱ – ۱ – ۴ – استفاده از فضولات آلی در کشاورزی

۲ – ۱ – ۴ – بکارگیری زمین بعنوان انبار فضولات آلی

مقدمه

نگاهی به‌تاریخچه استفاده‌از ترکیبات‌شیمیائی آلی پایدار در دفع آفات و عوامل بیماریزای نباتی و حیوانی گویای این حقیقت است‌که بکارگیری آنها در کنترل بیماریهای‌انسانی چون مالاریاوتیفوس از یکطرف و کنترل‌آفات و بیماریهای نباتی از طرف دیگر توانسته‌است‌میلیونهاانسان رااز خطر مرگ و گرسنگی نجات بخشد . آمارو ارقام موجود نشان می‌دهد که علیرغم استفاده ازآفت‌کش‌ها در حفظ نباتات و تولیدات زراعی‌هنوزدر آمریکا سالیانه معادل چهارمیلیارددلار به محصولات کشاورزی زیان وارد میشود واین رقم در مقیاس‌جهانی حدود بیست ویک میلیارد دلار گزارش شده‌است (۱) . با اینحال درسالهای‌اخیر توجه به‌کیفیت محیط زیست موجب شده‌است‌که‌کاربردآفت‌کش‌ها در ارتباط با اثر سوءآنها مورد دقت قرار گیرد . در این رهگذر توجه اکولوژیست‌هابیش از سایرین باین مسئله جلب می‌شود و ضمن‌مطالعات خود باین واقعیت دست‌میابند که حشره‌کش‌های آلی کلره (Organochlorine Insecticides) بدلیل پایداری دراز مدت آنها در بخش‌های مختلف بیوسفر و جذب مداوم آنها بوسیله موجودات زنده و بویژه انساج چربی حیوانات و انسان بیش از دیگر آفت‌کش‌ها می‌توانند آلودگی محیط‌را باعث شوند .

بدنبال‌کشف این‌حقیقت که‌کاربرد حشره‌کشهای پایدار منجر به پراکندگی آنها در بخشهای مختلف بیوسفر گردیده‌و حیات موجودات زنده را بخطر می‌اندازد موج اعتراض نسبت‌به استعمال این ترکیبات شیمیائی بالا گرفت ، تا بدانجا که در بیشتر کشورهای‌اروپائی وآمریکای شمالی قانون منع یا محدودیت در مصرف این‌مواد بمرحله‌اجراگذاشته شد .

علیرغم تمام محدودیتهائی که در مصرف سموم پایداربه وجود آمده‌است ، نه تنها در جمع کل‌تولیدآفت‌کشهای‌شیمیائی کاهشی پیدا نشده بلکه‌هر سال‌نیز بر میزان‌آن افزوده‌شده‌است .

در ایالات متحده‌آمریکا تولید سالیانه آفت‌کشها از ۱۵۰ هزار تن در سال ۱۹۵۴ به بیش‌از ۵۷۰ هزار تن در سال ۱۹۷۳ رسیده‌است (۲) .

کشور ایران هم‌از این افزایش مصرف بدور نبوده وباستثنای‌سال ۱۳۴۶ که میزان واردات سموم‌بعلت بروزشدید کرم خاردارپنبه در سال ۱۳۴۵ بمقداری معادل ۵۷۵۰ تن بالغ گردید.روند افزایش مصرف نشان میدهد که واردات و مصرف سموم مختلف بطور کلی رو بفزونی بوده‌است‌و از ۱۵۰۰ تن‌ماده موثر درسال ۱۳۴۷ به ۳۳۰۰ تن در سال ۱۳۵۲ رسیده است (۳) .

ازمقدارکل‌سموم تولیدی سال ۱۹۷۳ آمریکا حدود ۱۴۰۰۰ تن به سموم کلره‌اختصاص دارد (۴) ، در صورتیکه‌در این سال کمی کمتر از نصف سموم وارداتی ایران یعنی حدود ۱۳۸۸ تن را سموم کلره تشکیل میداده و این نشان میدهد که‌مصرف سموم کلره‌درایران‌مرتبا "رو بافزایش بوده است . در کشورهای‌اروپائی و آمریکا این روند بکلی تغییر یافته و سالیانه از مصرف اینگونه سموم بدلیل‌مشکلات‌زیست‌محیطی‌کاسته‌می‌شود و در عوض‌بمصرف علف‌کشهاکه‌ازدرجه پایداری کمتری برخوردارندافزوده‌میگردد . با اینحال هنوز هم با توجه به مصرف سموم کلره‌درسایر کشورها جمع کل‌مصرف‌آنها درسال‌رقم بالائی‌رانشان‌میدهدواین‌امرموجبات نگرانی‌اکولوژیستهارا فراهم ساخته‌وبرای‌آنهاجای‌هیچگونه‌تردید باقی‌نمانده‌است‌که‌سموم‌کلره‌پایداربویژه د.د.ت (دی کلور دی فنیل‌تری‌کلرواتان) و تاحد کمتری‌دیلدرین (ازگروه حشره‌کشهای

کلروسیکلودین)ازآلوده‌کننده‌های درازمدت واساسی محیط زیست منجمله خاک بوده ، و باین‌علت باید در روشهای دفع آفات نباتی تجدید نظر کلی بوجود آید .

یکی‌از صاحبنظران ادعا کرده‌است که درصورت‌نمونه‌گیری از بخشهای‌مختلف بیوسفر وانجام‌آزمایشات دقیق برروی آنها میتوان‌مقادیرقابل‌سنجشی‌ازد .د .ت‌وهمچنین‌مقدارکمی از دیگر سموم مصرفی را در آنها اندازه‌گیری نمود

در بعضی از کشورهای پیشرفته تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌های‌اندازه‌گیری پس ماند سموم دفع آفات نباتی در آب ، هوا ، خاک‌وبالاخره‌موجودات‌زنده‌در دست اجرا است‌وتا بدینجا نتایج تحقیقات در جهت امکان‌حل مسئله خطرات‌ناشی‌از پس ماند سموم در محیط‌امیدوارکننده بوده است . البته ارزیابی اساسی خطرات‌حاصله از سموم بدون آگاهی ازکیفیت‌وکمیت‌آنها در بخشهای‌مختلف بیوسفر اعم‌از اینکه‌مورد سمپاشی قرار گرفته یا نگرفته باشنداز یکطرف‌ونقل وانتقال آنها در سطح جهانی از طرف دیگر ، امکان پذیر نخواهد بود . ضمنا" تذکر این نکته مهم لازم است که تنهاباآگاهی از وجودسموم در محیط‌نمیتوان مشکلات مربوط‌بآنها را ازمیان برداشت مگراینکه در مرحله دوم تحقیقات‌اهمیت‌این‌موجودیت‌دقیقا" مورد بررسی‌وتجزیه‌و تحلیل قرارگیرد . البته‌تحقیقات‌مرحله‌اول‌که‌موجودیت‌سموم‌را در محیط با ثبات می‌رساند‌درسطح‌جهانی‌شروع‌شده است‌وبه‌نتایج‌مطلوبی که موءید آن باشد دست یافته‌اند ولی مرحله دوم که ارزیابی اهمیت این موجودیت را دنبال میکندهنوزبه آن درجه از تکامل نرسیده و در مقایسه با مرحله اول اطلاعات‌کافی‌بدست‌نمی‌دهد و شاید از طریق همکاریهای بین‌المللی‌بتوان‌اطلاعات‌مرحله‌دوم تحقیقات را بدرجه تکامل خود رساند .

نکته‌مهم‌دیگری‌که‌بایستی بآن اشاره شود این‌است‌که‌گروهی معتقدند که سموم نباتی تعادل طبیعت‌را بهم میزنند و به همین لحاظ به‌منع مصرف آنها نظر داده‌اند . در این مورد بایستی‌یاد آور شد که‌این‌نظر قابل قبول‌نبوده واین‌خودانسان‌است‌که‌باارادهٔ خود واستفاده بی‌رویه ازاین مواد موجبات این‌عدم تعادل‌را می تواند فراهم آورد . ضمنا" ایجاد رابطه بین سموم نباتی‌واجزاء اکوسیستم‌ها‌در حالتی خاص قابل نتیجه‌گیری و تعمیم نبوده و تنها بدلیل‌اینکه یکی‌از حشره‌کشهای‌کلره در شرایطی مشکلات یا خساراتی ببار آورده‌است ، نمیتوان نظر به منبع مصرف‌برای کلیه حشره‌کشهای‌کلره داد ، زیرا در موارد الزام‌خواهیم‌داشت که آنها را باتمام خطرات احتمالی که بدنبال خواهندداشت‌در جهت حفظ منافع بشر بکارگیریم . بنابراین ، منع مصرف بی دلیل سموم بهمان اندازه نامعقول بنظر میرسد که مصرف بی ـ رویه و بیش از حد آنها .

از آنجا که خطرات اکولوژیک کاربرد سموم شناخته ومسلم گردیده‌است ، لذا تحقیقات دامنه‌داری درجهت امکان کارآئی و بکارگیری دیگر روشهای مبارزه درحفظ نباتات‌وتولیدات‌زراعی چون کنترل بیولوژیک ، استفاده از هورمونهای‌حشرات ، عقیم کننده‌های شیمیائی ، جذب‌ودور کننده‌های حشرات‌درکشورهای مختلف در دست‌انجام است . ولی ، با اینکه نتایج بکارگیری بعضی از این‌روشها کاملا" موفقیت آمیز بوده بازهم در سالهای آتی بمقادیر زیادی از آفت کشها نیاز خواهیم داشت .

بنظر میرسد که‌راه حل‌نهائی مسائل محیطی آفت‌کشها بر قراری یک‌نوع‌سازش از طریق کاهش در میزان مصرف و بکارگیری توام آنها با دیگر روشهای‌مبارزه در جهت بحداقل رساندن‌اثر آلوده‌کنندگی آنهاست . ضمنا" ، همزمان با اجرای این‌سیاست بایستی خطرات ناشی از کاربرد این مواد مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد .

در این گزارش نتایج حاصل‌از تحقیقاتی که در زمینه‌های منابع پس‌ماند آفت‌کشهادر خاک ، میزان پس‌ماند آفت‌کشهادر

خاک ، گریز آفت کشها از خاک ، عوامل موءثر در پایداری آفت کشها در خاک ، خطرات ناشی از پس‌ماند آفت کشها در خاک و بالاخره کاهش پس‌ماند آفت کشها در خاک انجام گرفته است مورد تجزیه وتحلیل ونتیجه‌گیری قرار خواهد گرفت و بر اساس آن پیشنهادات لازم درانطباق با شرایط ایران ارائه خواهد شد. ضمنا"، در پایان دیگر عوامل آلوده‌کننده خاک نظیر کودهای آلی ومعدنی با جمال مورد بحث قرار گرفته است .

۱ـ آلودگی چیست

۱ ـ ۱ ـ تعاریف Terminalogy

برای اینکه بتوان مسئله آلودگی را در مورد سیستمهای مختلف محیطی بهتر و دقیقتر مورد مداقه و بررسی قرارداد آشنائی با مفاهیم مختلف آلودگی و تعریفی که برای آنها شده است کاملا" ضروری خواهد بود.

در زبان انگلیسی ترمهای مختلفی برای بیان "آلودگی" بکار گرفته‌میشوند. ولی بااینکه همگی آنها مفهوم کلی "آلودگی" را میرساند مورد استفاده متفاوت داشته و هریک مبین کیفیت خاصی از آلودگی میباشند. برای آشنائی با اینگونه ترمها ذیلا" بذکر چهار نمونه، از آنها که بیشتر مورد استفاده دارند مبادرت میگردد:

- To Contaminate
- To Pollute
- To Defile
- To Taint

کلیه این ترمها مبین عدم خلوص و پاکی بوده و مفهوم آلودگی رامیرسانند، منتها بکارگیری آنها بستگی به‌شدت ونحوه آلودگی و همچنین کیفیت عامل آلوده کننده دارد. بعنوان‌مثال اگر آلودگی از طریق اختلاط و تماس بوجود آمده باشد، چون آلودگی آب بوسیله زهکش سطحی، ازترم To Contaminate و اگر ازطریق عفونت و فساد، چون آلودگی هوا بوسیله موادفاسد ازترم To Taint استفاده بعمل میآید. ضمنا "رابطه ترمهای چهارگانه را از نظر بیان شدت آلودگی میتوان بصورت زیرنشان داد:

to Pollute > to defile > to contaminate > to taint

بنابراین، در بیان آلودگی لانه پرندگان بوسیله فضولات آنها میتوان از ترم to defile و آلودگی آب بوسیله فاضلاب از ترم to pollute استفاده نمود.

ضمنا" اشاره به این نکته ضروریست که کلیه کسانی که در زمینه خاص از آلودگی کارمیکنند بایستی مطالعات خود رابرپایه تعریفی واحد از آلودگی انجام دهند زیرا درغیراینصورت نتایج حاصل از تحقیقات که در زمینه‌ای یکسان و با تعریفی متفاوت انجام شده قابل مقایسه و نتیجه‌گیری نخواهند بود و تجزیه و تحلیل نهائی را دچار اشکال خواهند ساخت. بنابراین، برای اینکه محققین با چنین اشکالی مواجه نشوند لازمست که بین آنها یکنوع هماهنگی و همزبانی حکمفرما باشد و همیشه اصل یکزبانی را در مدنظر داشته باشند.

از آنجاکه کلیه فعالیتها درجهت حل مشکلات زیست‌محیطی بایستی با تشریک‌مساعی عموم همراه‌باشد تا بتوان با آنها مقابله نمود، لذا آشنائی همگان با مفهوم "آلودگی" و بصورت یکسان ضروری خواهد بود زیرابرداشتهای متفاوت وعدم همزبانی موجب خواهد شد که کیفیت مسئله برای آنهائیکه ایفاگر نقشی موءثردر حل آن خواهند بود روشن نبوده و پیچیده جلوه نماید.

۲ ــ ۱ ــ مفهوم جامع آلودگی ــ طبیعت آلوده‌کننده‌ها و رابطه آنها با تولید و مصرف :

آلودگی بمفهومی که موردنظر است عبارت ازهرگونه تغییر در ویژه‌گیهای اجزاء متشکله محیط بطوریکه استفاده پیشین از آنها ناممکن گردد و مستقیم یا غیرمستقیم منافع و حیات بشر را به مخاطره اندازد.

آلوده‌کننده‌ها چیزی جزمحصولات جنبی یا فرعی فعالیت‌های انسان نبوده ونتیجتا" شامل پس‌ماند چیزهائی میشود که میسازد، مصرف میکند و یا بدور میریزد. بعلاوه، بهمان اندازه که تولید در زمینه‌های مختلف اعم از صنعت یا کشاورزی افزایش یابد میزان پس‌ماند حاصل از این فعالیتها نیز فزونی خواهد یافت و یا بعبارت دیگر آلوده کننده‌ها از همراهان همیشگی و لاینفک جوامع پیشرفته‌که تکنولوژی مدرن را درخدمت خود دارند بشمار میآیند.

بنابراین، افزایش جمعیت ودرآمدسرانه ازیکطرف وپیشرفت تکنولوژی و بالابودن استاندارد زندگی از طرف دیگر از عوامل مهم افزاینده آلوده کننده‌ها بحساب میآیند، زیرا موجودیت این عوامل، تولید و مصرف بیشتر و از آنجا پس‌ماند زیادتر به دنبال خواهد آورد. با این توصیف فکر اینکه زمانی از فضولات و پس‌ماند حاصل از فعالیتهای تولیدی و مصرفی رهائی یابیم تصوری بیش‌نبوده‌و ازهمراهان دائمی ما تا پایان زندگی‌خواهند بود. از طرف دیگر، این آلوده کننده‌ها در ارتباط با مسائل اکولوژیک و زیست‌محیطی مشکلاتی را موجب‌شده و شرائط محیط را برای زندگی انسان نامطلوب میسازند که بایستی برای مقابله با آنها راه حلی پیدا کرد، و این امکان‌پذیر نخواهد بود، مگر اینکه با اجرای مدیریتی صحیح میزان پس‌ماند حاصل از تولید را بحداقل رسانده و کالاهای تولیدی با روشی معقول مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرند. در اجرای این امر میتوان از اصول اساسی اکولوژیکی مبنی براینکه سیکل بیوژنیک لازمه و وابسته نظام و دینامیک اکوسیستم‌هاست کمک گرفت (۵).

با استفاده از سیکل‌بیوژنیک که اصول آن برپایه بکارگیری فضولات و پس‌ماند حاصل از تولید و مصرف برگرداندن آنها به سیستم برای‌ذخیره یا بهره‌گیری‌دوباره گذاشته‌شده است میتوان میزان آلوده‌کننده‌ها را بحداقل خود کاهش داد و در عین‌حال اثرات سوء آنها را بر محیط و در ارتباط با مسائل‌اکولوژیک‌مورد مطالعه و بررسی قرار داد.

۲ ــ ضرورت بررسی آلودگی خاک ناشی از کاربرد آفت‌کش‌ها

رشد سریع جمعیت، افزایش درآمدسرانه و بهبود سطح زندگی، همه از عوامل افزاینده تقاضا برای مواد غذائی بیشترو بهتر بشمار میآیند و روبروئی با چنین شرایطی ایجاب میکندکه خود را برای جوابگوئی باین نیاز آماده سازیم. بر این اساس و با توجه‌باینکه کشورهای توسعه یافته جهان‌صنعتی اکثریت قریب باتفاق زمینهای‌زراعی خود را بزیر کشت دارند و امکان افزایش تولید از طریق افزایش سطح زیر کشت چندان زیاد نیست، لذا تنها کشورهای جهان سوم هستند که در مقیاس زیاد زمینهای زراعی آنها بدلیل‌ضعف بنیه مالی و عدم دسترسی به تکنولوژی مدرن، بلامصرف مانده است و در صورت رفع این مشکلات قادر خواهد بود که بسطح زیر کشت خود بیفزایند. پس، تدارک مواد غذائی مورد نیاز رشد فعلی جمعیت از یکطرف باید از طریق به کارگیری سیستم‌کشاورزی متمرکز که اصول‌آن برپایه‌مدیریت صحیح و معقول آب و خاک و حفاظت زراعی و در جهت افزایش‌عملکرد در واحدسطح گذاشته شده‌است انجام گیرد و از طرف دیگرچون جمعیت کشورهای در حال توسعه هر ۱۷ تا ۲۸ سال بدو برابر افزایش‌مییابد و بعلاوه $\frac{۲}{۳}$ جمعیت جهان در این کشورها زندگی میکنند (۶)، لذا کشورهای جهان پیشرفته بایستی همزمان با

اجرای سیاست کشاورزی متمرکز، کشورهای جهان سوم را یاری دهند و امکانات بهره‌برداری از زمینهای زراعی جدیدی را برای آنها فراهم سازند.

با توجه به واقعیتهای فوق‌الذکر و اینکه، براساس آمار و اطلاعات موجود میزان خسارات وارده بکشاورزی بوسیله آفات و بیماریهای نباتی و علفهای هرز، در مقیاس جهانی حدود ۲۵ تا ۳۵ درصد کل تولیدات کشاورزی است (۷)، لذا ضرورت مییابد که مادام که دیگر روشهای مبارزه با آفات و بیماریهای نباتی نتوانسته‌اند کارآئی خود را نشان دهند با استفاده از سموم شیمیائی از این‌خسارات جلوگیری بعمل‌آید. ولی، از طرف دیگر مطالعه روی اثرات سوء سموم نباتی نشان‌داده است که بعضی از آفت کشها چون حشره‌کشهای آلی کلره بدلیل پایداریشان در خاک نه تنها ممکن‌است‌محیط را برای‌نباتاتی که درتناوب زراعی وارد میشوند نامطلوب سازند، بلکه ممکن است از طریق نقل‌و انتقال، جذب در انساج‌چربی و بالاخره ورود به زنجیره غذائی موجبات‌آلودگی بخشهای‌مختلف بیوسفر را فراهم‌سازند وحیات انسان و دیگر جانداران را بمخاطره اندازند. بنابراین، ضرورت دارد که نقش آفت‌کشها در آلودگی خاک مورد بررسی و مطالعه دقیق قرارگیرد.

۱ ــ ۲ ــ میزان پس‌ماند آفت‌کشها در خاک

شواهد و منابع موجود نشان میدهد که مگر در موارد استثنائی پس‌ماند آفت‌کشهای جستجو شده در خاک یا مربوط به ترکیبات‌شیمیائی‌معدنی پایدارچون ارسنیک، مس‌یا سرب‌بوده که تا قبل از جنگ دوم جهانی از آنها بعنوان حشره‌کش یا قارچ کش استفاده بعمل‌میآمده است و یا مربوط به هیدروکربنهای‌کلره پایدار است که بعداز جنگ کشف و مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۸). ضمناً، وجود پس‌ماند معدودی از حشره‌کشهای‌آلی‌فسفره در مناطقی‌که بمیزان زیاد بکارگرفته شده بودند نیز گزارش شده است (۹).

گزارشات موجودنشان میدهد که‌کلیه خاکهای موردآزمایش تا۱۰ppm آرسنیک داشته‌اند ولی میزان آرسنیک موجود در خاک‌باغات میوه‌بمراتب بیشترازاین‌مقداربوده‌وتا ۸۳۰ PPm اندازه‌گیری شده است (۱۰).

از مجموعه‌تحقیقاتی که درمورد پس‌ماند د.د.ت درخاک انجام شده است چنین استنباط میشود که تقریباً کلیه خاکهای مورد آزمایش دارای مقدار زیادی د.د.ت بوده‌اند و ضمناً در همین نمونه‌ها نیز دیلدرین (dieldrin) اندازه‌گیری شده است. میزان دیلدرین و د.د.ت موجود در نمونه‌ها اختلاف چندانی نشان نداده‌اند ولی تعداد نمونه‌هائی که دیلدرین داشته‌اند بمراتب بیشتر از نمونه‌هائی بوده است که در آنها د.د.ت وجود داشته است. البته این موضوع نباید موجب‌عدم توجه بوجود دیلدرین در خاک شود.

علت فزونی جزئی پس‌ماند د.د.ت نسبت به دیلدرین در خاک را چنین‌میشود توجیه کرد که دوره استفاده و بکارگیری د.د.ت بیش از دیلدرین بوده و همین امر باعث شده است که میزان آن در نمونه‌های مود آزمایش کمی بیشتر از دیلدرین باشد.

باقید احتیاط شایدبتوان گفت که‌تنها دلیل زیادی پس‌ماند د.د.ت و دیلدرین درخاک‌های کشاورزی و مناطق جنگلی استفاده بی‌رویه و نامعقول از ایندوبوده است، بویژه اینکه بارها مشاهده‌شده است که بخاطراطمینان و ترس‌از وجودآفت مبادرت به سمپاشی شده است در صورتیکه هرگز آفتی در کار نبوده‌است.

۱ ــ ۱ ــ ۲ ــ میزان پس‌ماند آفت‌کش‌ها در باغات میوه:

دربیشترباغات‌میوه‌میزان‌پس‌ماند د.د.ت‌راتا ppm ۲۴۵

که معادل ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار میباشد اندازه‌گیری شده است (۱۱). علت‌فزونی پس‌ماند د.د.ت در باغات‌میوه و درمقایسه با دیگر خاکها را میتوان به دفعات بیشتر سمپاشی در آنها که اغلب به ۶بار میرسد نسبت داد. میزان دیگر حشره‌کشهای آلی کلره در خاکهای باغات میوه و در مقایسه با د.د.ت کمتر بوده و در این مورد بخصوص اختلاف پس‌ماند آنها در باغات ومزارع چندان زیاد نمیباشد.

۲ ــ ۲ ــ میزان پس‌ماند آفت‌کشها در خاکهای‌زراعی:

اگرچه دربعضی از موارد مقدار زیادی از د.د.ت در این گونه خاکها اندازه‌گیری شده است، ولی بطور کلی مقدار موجود در بیشتر خاکهای زراعی در مقایسه با خاک باغات میوه و مناطق سبزیکاری کمتر گزارش شده است. خاکهای زراعی نیزبه نوبه خود نسبت به خاکهای دیگر دارای مقدار بیشتری از دیگر حشره‌کشهای آلی‌کلره بویژه‌دیلدرین وکلردان(Chlordane) میباشد و نتایج تجزیه نمونه‌های خاک نشان‌داده است که پس‌ماند حشره‌کشهای آلی کلره در اینگونه خاکها نیز زیاد است.

۳ ــ ۱ ــ ۲ ــ میزان پس‌ماند آفت کشها در دیگر خاکها :

با اینکه مقادیر زیادی از د.د.ت در خاکهای زیر پوشش نباتات‌مرتعی اندازه‌گیری‌شده است (۱۲)، ولی‌اطلاعات‌پراکنده حاکی براینست که این مقدار معمولا" کمتر از میزان موجود در خاکهای زراعی است. ضمنا" ، بعضی از محققین توانسته‌اند در مناطق جنگلی، توندرا و صحراهای خشک که هرگز د.د.ت در آنها بکار گرفته نشده است مقداری از این ماده شیمیائی را اندازه‌گیری کنند، ولی شواهدی مبنی بروجود پس‌ماند دیگر ترکیبات آلی کلره بدست داده نشده است (۱۲).

موجودیت‌د.د.ت‌درمناطقی‌که‌موردسمپاشی‌قرار نگرفته‌اند میتوان به عمل جذب د.د.ت در سطح ذرات خاک و نقل و ــ انتقال آنها از طریق فرسایش بادی نسبت داد.

درمناطق زیر پوشش نباتات علفی که در آنها نیز حشره‌ــ کشی بکار گرفته نشده‌بود مقداری از پس‌ماند حشره‌کشهای مقاوم اندازه‌گیری شده است. از مقادیر اندازه‌گیری شده میتوان میزان اینگونه‌حشره‌کشها را که در هوا پراکنده شده‌اند و بوسیله باد از نقاط دوردست منتقل گردیده‌اند محاسبه کرد.

۲ ــ ۲ ــ منابع پس‌ماند آفت‌کشها در خاک :

آفت‌کشها از راههای‌مختلفی وارد خاک میشوند که میتوان آنها را بصورت زیر طبقه‌بندی کرد :

ــ از طریق کاربرد مستقیم آنها در خاک.

ــ از طریق‌سمپاشی و برگشت مستقیم ذرات سموم معلق‌در هوا بزمین.

ــ سموم جذب شده در سطح ذرات خاک معلق در هوا و نشست آنها برزمین.

ــ بقایای نباتی‌که بخاک اضافه میشوند و سموم جذب‌شده بوسیله موجودات زنده خاک (غیرذره‌بینی).

آزمایشان متعدد نشان داده است که فقط جزئی از پس ــ ماند حشره‌کشها که درخاک اندازه‌گیری شده است حاصل کاربرد مستقیم آنها بوده است. بعلاوه، بیشتر خاکها که هرگز در آنها د.د.ت بکارگرفته نشده‌است دارای‌مقداری از این‌ماده‌شیمیائی بوده که از طریق هوا دریافت داشته‌اند (ذرات معلق در هوا).

۱ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌ماند آفت‌کشها، حاصل‌از کاربرد مستقیم آنها در خاک :

میزان مصرف حشره‌کشهای آلی کلره از زمان کشف آنها (سال ۱۹۴۰)، مرتبا" در حال افزایش بوده است و این روند تا

بدانجا پیشرفته است که منجر به آلودگی محیط‌گشته و حیات بشر و دیگر موجودات زنده را بخطر انداخته است. علت‌این‌امر را میتوان از یکطرف به ارزانی‌قیمت آنها و پایداریشان درمحیط و از طرف دیگر به‌مصرف بیش‌از حد آنها و در شرایط غیرضروری نسبت‌داد. پس از کشف این حقیقت که پس‌ماند این حشره‌کشها را میتوان در کلیه مناطق اعم از اینکه سمپاشی شده یا نشده باشند اندازه‌گیری‌کرد. کوشش درجهت نجات‌حیات وحش‌که در معرض خطرات‌ناشی از آنها بودند بکار گرفته شد. در اجرای‌این سیاست و برای‌اینکه در میزان‌مصرف و مقدار پس‌ماند حشره‌کشها در خاک کاهشی بوجود آید آنها را از طریق ضدعفونی بذور، کاربرد در نقاط مورد لزوم و بالاخره بکارگیری کشت خطی و کار برد آنها در ردیفهای کشت مورد استفاده قرار دادند.

با اینکه درسالهای اولی که استفاده از حشره‌کشها متداول گردیده بود مصرف سالیانه ۲/۲ تا ۴/۵ کیلوگرم در هکتارزیاد بحساب نمیآمد، ولی امروزه حدود ۵۶۰ تا ۱۱۲۰ گرم درهکتار بکار برده میشود.

۲ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌ماندآفت‌کشها، حاصل‌ازسمپاشی‌وبرگشت ذرات معلق بخاک:

درسمپاشی نباتات، حدود ۵۰ درصد ازسموم مورداستفاده تلف میشود، زیرا با روش، سمپاشی هوائی مقداری از سم مصرفی در هوا بصورت معلق میماند و در شرایط مناسب، بویژه درمواقع بارندگی و ریزش‌برف بخاک‌انتقال مییابند وگذشته ازآن‌مقداری هم برسطح برگ نباتات‌می‌نشیند که‌بهنگام برگ‌ریزان وبارندگی به خاک برمیگردد.

شواهدی در دست‌است که محققین‌توانسته‌اند در زمینهای غیرزراعی مجاور باغ مرکبات حدود ۵ کیلوگرم در هکتار از حشره‌کشهای آلی کلره که در سمپاشی باغ و در یک دوره طولانی از آنها استفاده بعمل آمده بود اندازه‌گیری کنند. حشره‌کشهائی که از طریق سمپاشی نباتات بزمین میرسند اغلب بدون تغییردر خاک باقی میمانند و ضمنا" شواهد موجود نشان میدهد که آنها درسطح‌خاک سریعتر تجزیه‌میشوند تازمانیکه در اثر شخم بطبقات زیرین منتقل شده باشند.

کاربرد علف‌کشها بعوض شخم در مبارزه با علفهای هرز باعث خواهد شد که حشره‌کشهای مصرفی با خاک مخلوط نگشته و نتیجتا" بمدت کمتری در خاک باقی بمانند (تجزیه نوری).

بکارگیری حشره‌کشها درسمپاشی‌های‌هوائی‌باعث‌خواهدشد که پودر و ذرات آنها در سطح وسیعی پراکنده گردند و نیز تا فواصل زیادی نقل و انتقال یابند.

آزمایشات انجام شده حاکی براینست که اگر ۵۶۰ گرم در هکتار از د.د.ت در سمپاشی درختان بکار گرفته شود مقدار ۱۱ تا ۲۷۰گرم در هکتار از این ماده بر روی‌خاک زیرپوشش‌درختان و ۶۶ تا ۲۴۰ گرم در هکتار برروی خاک فضای باز منطقه نشست خواهدکرد. براساس گزارشی دیگر با بکارگیری‌حدود یک‌کیلوگرم درهکتار از ماده د.د.ت درسمپاشی درختان‌جنگلی توانسته‌اند ۴۵۰ گرم در هکتار از آنرا در خاک اندازه‌گیری کنند. بنابراین، برای اینکه سمپاشی موءثر افتد مجبور خواهیم بود که بیش‌ازحد مورد لزوم از آنها مصرف کنیم تا کاهش حاصل از نشست آنها برخاک جبران گردد، و بهمین علت اغلب بایستی تا ۵ برابر مقدار لازم سم بکار گرفته شود. ضمنا" ،از آنجا که سمپاشیهای هوائی باعث خواهدشد که مقدار پس‌ماند سموم در خاک بمیزان زیادی افزایش یابد، لذا توصیه میگردد که مگر در موارد ضروری تا آنجا که امکان‌پذیرباشد از انجام‌اینگونه سم‌پاشیها خودداری بعمل آید.

۳ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌ماند آفت‌کشها حاصل از آب باران و گرد و غبار موجود درهوا:

در سالهای اخیر شواهدی مبنی بروجود پس‌ماند حشره ــ کشهای پایدار در هوا بدست‌داده شده‌است. بعلاوه، دانشمندان ضمن آزمایشات خود توانسته‌اند مقداری‌از حشره‌کشها را در آب باران و گرد و غبار موجود درهوا اندازه‌گیری کنند.

دست‌اندرکاران‌بررسی‌مسائل‌آلودگی‌محیط براین‌عقیده‌اند که، پس‌ماند حشره‌کشها در آب‌باران و گرد و غبار موجود درهوا حاصل سمپاشی هوائی نباتات بوده، که مقداری از آنها بخاک منتقل شده و بعداز طریق تبخیر و فرار از سطح خاک بصورت ترکیبات گازی وارد هوا میشود و نتیجتا" ، آب بارانی که بزمین میرسد حاوی مقادیری از این مواد خواهد بود.

تصور میرود که ذرات سموم موجود در هوا در سطح ذرات گرد و غبار موجود در هوا متمرکز شده و پس‌از بارندگی بصورت قطرات حاوی حشره‌کش بخاک واریز شوند. ولی نتایج بررسیهای انجام شده نشان میدهد که، انتقال ذرات حشره‌کش از طریق باران بزمین از اهمیت بیشتری برخوردار است و مقدار سمی که از این طریق بخاک میرسد قابل توجه است. بالاترین رقم میزان د.د.ت که از طریق بارندگی بخاک میرسد در بریتانیای کبیر ۲۱۰ PPm و در آمریکا نیزرقمی معادل آن گزارش‌شده است. در شرایط ۱۲۵۰میلیمتر بارندگی سالیانه‌میزان د.د.ت که بوسیله آب باران بخاک میرسد ۲/۷ گرم در هکتار تخمین زده شده است. ولی، باید یادآورشد که این ماکزیمم مقداریست که‌میتواند بدینطریق بخاک‌برسد و احتمالا" متوسط‌آن‌کمتراز $\frac{1}{3}$ این‌مقدار خواهد بود. بنابراین، سخن باغراق نرفته است اگر گفته شودکه سالیانه بیش از ۱۱ گرم در هکتار د.د.ت بوسیله آب باران به خاک اضافه میشود و بر این اساس عده‌ای معتقدند که این مقدار از د.د.ت به تنهائی نمیتواند خطر چندانی برای زمینهای زراعی داشته باشد (۱۳).

۴ ــ ۲ ــ ۲ ــ پس‌ماند آفت‌کشها، حاصل از بقایای نباتی و حیوانی موجود در خاک:

شواهد موجود نشان میدهد که میزان بسیار کمی از پس ــ ماندحشره‌کشهای آلی کلره بوسیله نسوج نباتی و حیوانی جذب میشود. میزان حشره‌کش جذب شده بوسیله نباتات و جانوران مختلف متفاوت بوده و اطلاعات موجود در این زمینه مبنی بر اینست که نه‌تنها بوسیله بقایای نباتی و حیوانی ماده حشره‌کش بخاک اضافه نمیشود، بلکه احتمالا" خود میتواند وسیله‌ای برای جدا ساختن پس‌ماند از خاک باشد.

مقدار پس‌ماند حشره‌کش کلره که بوسیله حبوبات بخاک اضافه‌میشود حدود ۰/۰۲ PPm، گزارش شده‌است (۱۴). متوسط تولید دانه وکلش حبوبات موردآزمایش ۸۷۵۰کیلوگرم در هکتار بوده که از آن ۲۵۰۰ کیلوگرم مربوط به دانه و ۶۲۵۰ کیلوگرم مربوط به کلش بوده است. میزان حشره‌کش جابجا شده‌توسط کل محصول دانه وکلش حبوبات حدود ۰/۱۵ گرم در هکتار اندازه‌گیری شده‌است. ضمنا" بخش ریشه و ساقه‌حبوبات درسطح یک هکتار و با وزن ۳۳۶۰ کیلوگرم حدود ۰/۰۷ گرم از ماده حشره‌کش را دربرداشته که در خاک باقی‌مانده و احتمالا"بوسیله ماده آلی خاک نگهداری خواهند شد.

نباتات ریشه‌ای چون کلم، چغندر علوفه‌ای، شلغم، هویج و چغندر قند ممکن است نقش مهمتری در نقل و انتقال پس‌ماند حشره‌کشها داشته باشند، زیرا عملکرد در هکتار آنها در مقایسه با سایر نباتات زیادتر بوده (۵۰ ــ ۲۰ تن در هکتار) ونتیجتا" مقدار بیشتری از، پس‌ماند حشره‌کشها را میتوانند جابجا سازند. ضمنا" براساس نتایجی مشابه با آنچه در مورد حبوبات بدست داده شده است، ۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار از این محصولات

میتواند بطور متوسط ۱۱ گرم در هکتار از حشره‌کشها را جابجا سازد، و در شرایط اپتیمم این مقدار ممکن است تا ۱۱۰ گرم در هکتار افزایش یابد. در هر صورت، این مقادیر تنها جزء کوچکی از میزان حشره‌کش مصرفی (۲/۲۴ کیلوگرم در هکتار) راتشکیل می‌دهند.

گزارشی دیگر مبنی براینست که میزان پس‌ماند دیلدرین، د.د.ت وکلردان‌در چغندرقندبترتیب ۸/۴، ۵/۵ و ۹/۶درصد از پس‌ماند موجود در خاک زیر کشت را تشکیل میدهند و مقادیر اندازه‌گیری شده‌برای‌آنهابترتیب ۰/۹۶، ۰/۳۳ و ۱/۱۲ pprn بوده است (۱۵).

میکرو و ماکرو ارگانیسمهای خاک حشره‌کشها را ضمن جذب در بدن خود ذخیره میکنند. وزن موجودات زنده خاکزی در بخش سطحی یک خاک متوسط و تا عمق ۱۵ سانتیمتری حدود ۲۵ تن در هکتار میباشد. بنابراین، اگر فرض شود که میکرو و ماکرو ارگانیسمهای خاک بطورمتوسط حاوی ppm ۱از پس‌ماند حشره‌کشهای پایدار (درتحت شرایطی ممکن است از این مقدار تجاوز کند، ولی این‌مقدار متوسط مناسبی است) میباشند میزان پس‌ماند حشره‌کشها که بوسیله آنها نگهداری میشود معادل ۲۲ گرم در هکتار خواهد بود. قسمتی از حشره‌کش جذب شده بوسیله جانداران خاکزی ممکن است از طریق خزیدن حیوانات در سطح خاک جابجا گردد و یا بوسیله حیوانات بالغ که از حالت لاروی خارج‌شده‌اند و بمرحله پرواز رسیده‌اند از محیط خاک خارج‌شود، ولی بعید بنظر میرسد که بیش از ۲۵ تا ۳۰ درصد از پس‌ماند حشره‌کش بدینطریق از منطقه خارج شود.

بعضی از محققین توانسته‌اند بیشتر از ppm ۱ از پس‌ماند حشره‌کشها را در نرمتنان‌خاکزی اندازه‌گیری کنند. علاوه براین، شواهدی در دست است که میکرو ارگانیسمهای خاک در مقایسه‌با نرمتنان خاکزی میتوانند مقدار بیشتری از حشره‌کشها را جذب و در خود ذخیره کنند و این مقدار برای میسیلیم‌های قارچی تا ۱۰ درصد دیلدرین یا د.د.ت موجود در خاک گزارش شده است.

مقدارحشره‌کش‌جابجاشده بوسیله‌موجوداتی‌که ازعلوفه‌های مراتع ویادیگر غذاهای‌آلوده از حشره‌کشهاتغذیه میکنندا حتمالا" بیشتر از مقداریست که بوسیله ریشه نباتات جابجا میشود.

با توجه بآنچه گذشت بنظر نمیرسد که جمع تلفات پس‌ماند آفت‌کشها از خاک بوسیله نباتات یا حیوانات بیشتر از ppm ۰/۱ باشد.

۳ــ۲ ــ عوامل موٴثر در پایداری حشره‌کشها در خاک:

۱ــ۳ــ۲ ــ طبیعت شیمیائی حشره کشها:

طبیعت‌شیمیائی‌حشره‌کشهابوسیله‌پایداری‌شیمیائی، قابلیت گریز از محیط، قابلیت انحلال، غلظت و بالاخره فرمولاسیون آنها مشخص میگردد.

بیشتر حشره‌کشهای آلی کلره غیرفرار هستند، ولی بین فشار بخار و پایداریشان در خاک رابطه‌ای وجود دارد. رابطه بعضی از حشره‌کشها از نظر قابلیت گریز از محیط (فراریت) به صورت‌زیرنشان‌داده‌شده‌است (۱۶). aldrin < heptachlor < heptachor epoxide < dieldrin < DDT

قابلیت گریز حشره‌کشها از خاک تابع مستقیمی از غلظت حشره‌کش، رطوبت نسبی هوای مجاور سطح خاک، درجه حرارت خاک، حرکت هوای مجاور سطح خاک و رطوبت خاک میباشد. حشره‌کشها ممکن است همراه بخار آب حاصل از تبخیر سطحی خاک و گازهای متصاعده از خاک خارج شوند. این تئوری هنوز چندان اعتباری بخودنگرفته و احتمال میرود که تلفات حشره‌کشها از اینطریق زیاد نباشد.

قابلیت انحلال نیز یکی از عواملی است که پایداری و

مقاومت‌حشره‌کشها را تحت‌تأثیر قرارمیدهد. بیشتر حشره‌کشهای آلی کلره نسبتا" در آب محلول میباشند، و حشره کشهای‌محلول در آب‌معمولا" از طریق آبشوئی از خاک خارج میشوند، ولی‌باید توجه داشت که انحلال و آبشوئی همیشه تواما" انجام نمیگیرد. درجه انحلال حشره‌کشها در آب اغلب با میزان جذب آنها در سطح ذرات خاک نسبت عکس دارد، ولی این موضوع ممکن است درمورد بعضی از حشره‌کشها صادق‌نباشد. البته، وقتی که درجه انحلال حشره‌کشها در آب با پایداریشان در خاک مورد مقایسه قرار میگیرد بنظر میرسد که ایندو و تا حد زیادی باهم رابطه داشته باشند.

پایداری‌حشره‌کشها بامقدارمصرف آنهارابطه‌مستقیم دارد، و نتیجتا" هرچه غلظت حشره‌کش زیادتر باشد آهسته‌تر شکسته و تجزیه میشود. آزمایشاتی که در این زمینه انجام گرفته است نشان‌میدهد که میزان‌درصد پس‌ماند د.د.ت وقتیکه‌بمقدار۱۱۲ کیلوگرم در هکتار بکار گرفته شود دو برابر زمانیست که ۱۱/۲ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گیرد. ضمنا" ، باید اضافه شود که این‌آزمایشات سه‌سال ونیم پس از مصرف د.د.ت‌انجام شده است. بهرحال، میتوان چنین نتیجه گرفت که بین مقدار حشره‌کش مصرفی و واکنش‌هائی که مسئول تجزیه و شکستن آنها در خاک‌هستند همبستگی وجود دارد. بعلاوه، بررسی رابطه‌بین میزان درصد حشره‌کش باقیمانده در خاک و زمان نشان میدهد که هرچه مقدار حشره‌کش مصرفی زیادتر باشد تلفات آن‌درواحد زمان کمتر خواهد بود، ولی صرفنظر از مقدار حشره کش میزان تجزیه ثابت نبوده و بصورت لگاریتمی با زمان کاهش مییابد (۱۷).

حشره‌کشها میتوانند بصورت گرد، پودر وتابل Wettable Powder گرانول، کپسولهای ریز، امولسیون و ... فرموله‌شوند، و کلیه فرمولاسیونها میتوانند درجه پایداری حشره‌کشها را تحت تأثیر قرار دهند. بعنوان مثال، میتوان‌گفت که‌فرمولاسیونهای محلول در آب سریعتراز **فرمولاسیونهای‌روغنی** از خاک شسته‌میشوند. بنابراین، میتوان با انتخاب فرمولاسیون مناسب پایداری حشره‌کشها را در خاک کاهش داد.

بین میزان‌جذب حشره‌کشها در سطح ذرات خاک و اندازه ذرات‌آنها در فرمولاسیون رابطه عکس وجود دارد و این موضوع ضمن آزمایشی در مورد لیندان (Lindane) بثبوت رسیده است (۱۸). بنابراین درجه تأثیر حشره‌کشها بدوا" و مستقیما" بستگی به اندازه ذرات در فرمولاسیون آنها دارد، زیرا ذرات بزرگتر آهسته‌تر از ذرات کوچکتر جذب میگردند، ضمنا" بایستی یادآور شد که در شرایطی که کلیه ذرات حشره‌کش از سطح خاک جدا شده باشند درجه تأثیر حشره‌کش بیشتر به تولید بخار سم Fumigant action بستگی خواهد داشت و در این مورد ذرات ریزتر موءثرتر خواهند بود، که شاید علت امر را بتوان به توزیع کاملتر حشره‌کش در خاک نسبت داد.

شواهد دیگری نیز در دست است که پایداری فرمولاسیون گرانوله بیشتر از امولسیون و امولسیون بیشتر از پودر و تابل میباشد.

۲ – ۳ – ۲ – نوع خاک:

پایداری حشره‌کشها در خاک تابع بافت و میزان موادآلی محتوای آن میباشد، بدین معنا که، هرچه بافت‌خاک‌سنگین‌تر باشد زمان‌پایداری حشره‌کشها بیشتر میشود، و همینطور در مورد موادآلی که پایداری‌حشره‌کشها بامیزان آنها رابطه مستقیم دارد. علت امر را میتوان به جذب بیشتر حشره‌کشها بوسیله ذرات‌رس و مواد آلی نسبت داد که محتملا" منجر به عدم تحرک حشره‌کشها خواهد شد و درجه تأثیر آنها را کاهش خواهد داد.

آزمایشاتی که در زمینه تأثیر تیپ خاک بر روی پایداری،

جذب و فعالیت حشره‌کشها انجام شده است گواه براینست که **ذرات جامد حشره‌کش** در سطح بلوکهای خاک‌مورد آزمایش‌ترسیب یافته و بسرعت بداخل آنها نفوذ کرده و ناپدید میشوند. در این مورد محققین معتقدند که جذب حشره‌کشها در سطح خاک‌از نوع فیزیکی‌بوده ونتیجتا" این عمل‌محدود به ساختمان‌شیمیائی بخصوصی و یا گروه معینی از حشره‌کشها نمیشود (۱۹).

تیپ‌خاک بمیزان زیادی در جذب حشره‌کشها موءثر است. بررسیهای انجام شده نشان‌میدهد که آلدرین و لیندان درسطح خاکهای شنی کمتر جذب میشوند و میزان جذب در خاکهای سیلتی‌کلی لوم، سندی کلی‌لوم، سلیتی کلی، سندی‌لوم، کلی‌لوم و بالاخره خاکهای پست باطلاقی افزایش میابد. ضمنا"، با توجه به‌رابطه بین‌فعالیت حشره‌کش و شدت‌جذب‌چنین استنباط میشود که در شرایط خاکهای پست جهت دفع حشرات بمیزان زیادتری‌حشره‌کش احتیاج خواهدبود تا در شرایط خاکهای‌شنی.

حشره‌کشها بسته به کیفیت ساختمانشان بوسیله بخشهای مختلف خاک جذب میشوند. بعنوان مثال، هپتاکلر (heptachlor) و د.د.ت بوسیله بخش رس، دیازینون (diazinon)و پاراتیون (parathion) بوسیله بخش‌شن و سیلت و دی کلوفنتیون (dichlofenthion) بوسیله‌هر دوبخش جذب و غیرفعال میگردند. ضمنا"، تمام این حشره‌کشها تا حدودی بوسیله ماده آلی غیرفعال میشوند.

کاربرد حشره‌کشهای کلره در دفع موریانه نشان داده‌است که فعالیت آنها در خاکهای شنی دوبرابر خاکهای لومی و در خاکهای شنی ۶ برابر خاکهای رسی است (۲۰).

تیپ خاک علاوه براینکه پایداری و فعالیت حشره‌کشها را تحت‌تأثیر قرارمیدهد متابولیزم آنها را نیز متأثر میسازد. مثلا" آلدرین در خاکهای لومی زودتر به دیلدرین تغییر میابد. تا در خاکهای پست.

ساختمان خاک از طریق غلظت ین‌ئیدروژن، میزان ماده آلی و بالاخره میزان رس پایداری حشره‌کشها **را تحت‌تأثیر قرار** میدهد. بهمین ترتیب پایداری حشره‌کشها در خاک با تخلخل آن نیز در رابطه خواهد بود.

قابلیت گریز حشره‌کش‌ها از خاک بستگی به بافت آن دارد و هرچه بافت خاک ریزتر باشد بدلیل کندی حرکت، رطوبت و گاز در آن احتمال گریز حشره‌کش از خاک کمتر میگردد.

۳ ــ ۳ ــ ۲ ــ میزان مواد آلی :

بنظر میرسد که ماده آلی خاک یکی از عوامل بسیار مهم و موءثر درپایداری حشره‌کش باشد. میزان ماده آلی خاکهامیتواند از کمتر از یک‌درصد برای بعضی از خاکهای شنی تا ۵۰ درصد برای خاکهای پست و باطلاقی تغییر کند.

شواهد موجود نشان میدهد که هرچه مواد آلی خاک‌بیشتر باشد، پایداری حشره‌کش نیز افزایش خواهد یافت. در این مورد یکی از محققین توانسته است همبستگی نزدیکی بین پایداری آلدرین و لیندان و میزان مواد آلی را در ده نمونه خاک کاملا" متفاوت پیدا کند (۲۱). بعلاوه، از مجموعه بررسیهائی که در این زمینه انجام‌شده است چنین برمی‌آید که رابطه‌بین‌پایداری حشره‌کش‌ها و مواد آلی خاک بصورت خطی باشد. البته این‌نوع همبستگی در کلیه‌موارد صادق نبوده و ممکن است با کیفیت‌مواد آلی تغییراتی در آن بوجود آید. مثلا" اگر مواد آلی حاوی موجودات زنده خاکزی که مسئولیت‌تجزیه وتخریب بقایای‌نباتی را بعهده دارند باشد، ممکن است فعالیت آنها در کیفیت این رابطه تأثیر گذارد.

۴ ــ ۳ ــ ۲ ــ میزان رس:

یکی‌ازعوامل‌موءثر درپایداری‌حشره‌کش‌هاکه تقریبا"میتواند

ازنظر اهمیت در ردیف مواد آلی قرارگیرد میزان مواد کلوئیدی موجود در خاک می‌باشد.

خاکهائی که درصد رس آنها زیاد است بدلیل سطح ویژه زیاد آنها نسبت بخاکهای شنی میتوانند حشره‌کش‌ها را بمدت بیشتری در سطح خود نگه دارند. با اینحال، باتوجه‌باینکه بین میزان رس و مواد آلی موجود در خاک‌همبستگی وجوددارد بعید بنظرمیرسد که زیادی رس‌عامل اساسی پایداری حشره‌کش‌ها در خاک باشد. بررسیهای انجام شده نشان داده‌است که مخلوط رس و شن بیشتراز مخلوط سیلت و شن و ایندو بیشتر ازشن تنها میتوانند لیندان را درسطح خود جذب کند.

جذب و نفوذ آفت‌کش‌ها بداخل کلوئیدهای خاک از دیگر پدیده‌ایست که پایداری آفت‌کش‌ها را بشدت تحت تأثیر قرار میدهد (۲۲)، گزارش موجود در این زمینه حاکی براینست که پایداری‌دیلدرین در خاک کاملا" به خصوصیات کلوئیدی و سطح ویژه کانیهای محتوای آن بستگی دارد.

مقایسه ضرائب‌همبستگی بین پایداری حشره‌کش‌ها وظرفیت نگهداری رطوبت خاک با ضرائب همبستگی بین پایداری آنها و میزان موادآلی که برای آلدرین (Aldrin) و لیندان (Lindane) محاسبه‌گردیده‌وبترتیب، ۰/۸۲۰۴=(لیندان)r^2 و ۰/۸۴۶۸ = (آلدرین r و ۰/۹۱۴۱ = (لیندان)r، و ۰/۸۹۳۵ = (آلدرین)r^2 بوده‌اند، نشان میدهد که، با اینکه ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک که بنوبه خود با میزان رس رابطه‌دارد، عامل مهمی در کیفیت پایداری حشره‌کش‌ها بحساب می‌آید ولی در مقایسه با نقش میزان ماده آلی در پایداری از درجه اهمیت کمتری برخوردار است (۲۱).

یکی از محققین ادعا می‌کند که ۹۰% جذب حشره‌کش‌هابه وسیله خاک به میزان درصد رس بستگی دارد و بعداز آن میزان موادآلی اهمیت پیدامی‌کند (۲۳). با اینکه حشره‌کش‌ها بوسیله بخش رس و مواد آلی خاک جذب می‌شوند، ولی تجزیه آنها در خاکهائی که موادآلی بیشتر دارند سریعتر انجام میگیرد. ضمنا" زمان پایداری حشره‌کش‌ها را میتوان بااضافه کردن کلوئیدهای آلی بخاک افزایش داد و از میزان تلفات آنها کاست.

۵ ــ ۳ ــ ۲ ــ اسیدتیه خاک:

غلظت یون‌ئیدروژن ممکن است بطریقی تجزیه حشره‌کش‌ها را در خاک تحت تأثیر قرار دهد. بعلاوه، یون‌ئیدرژن میتواند پایداری کانیهای رس، ظرفیت تبادل یونی و بالاخره کیفیت و کمیت تجزیه‌های‌شیمیائی و باکتریائی را متأثر سازد: ولی بااین حال‌شواهد زیادی مبنی بر تأثیر مستقیمPHدر پایداری حشره کش‌های آلی کلره در خاک وجود ندارد.

با اینکه عده‌ای‌ازمحققین‌گزارش میدهندکهPHدرپایداری حشره‌کشهاهیچگونه‌تاثیری‌ندارد (۲۴). ولی عده‌ای دیگر ضمن آزمایشاتی‌که‌درمورد BHC Benzene hegxachlorine. و د.د.ت انجام داده‌اند، باین‌نتیجه رسیده‌اند که، این دو در خاکهای قلیائی (PH= ۹/۵) سریعتر تجزیه می‌شوندتادر خاکهائی که آنها را نرمال می‌نامند.

آزمایشات دیگری‌که در این زمینه انجام گرفته است مبنی براینست که میزان جذب د.د.ت بوسیله خاکها با افزایشPH زیاد می‌شود.

حساسیت حشره‌کش‌های آلی فسفربه PHبیش از حشره‌ـ کش‌های‌کلره‌می‌باشد. دراین‌مورد، یکی‌از محققین ضمن‌آزمایشات خود باین‌نتیجه رسیده است که حشره‌کش‌های فسفره در خاکهای اسیدی پایداری بیشتری نشان میدهند.

از مجموعه‌تحقیقاتی که‌در این‌زمینه انجام شده است‌چنین استنباط می‌شودکه بایستی‌بینPHوپایداری‌حشره‌کش‌ها رابطه‌ای وجود داشته باشد که کیفیت آن آنطوری که باید و شاید روشن

نشده است و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. ولی، آنچه مسلم است تأثیرPHدر تجزیه حشره‌کش‌ها در خاک بستگی به خطوط اصلی‌تجزیه‌آنها واینکه‌آیا کلا" شیمیائی یامیکروبیولوژیک‌هستند دارد.

۶ ــ ۳ ــ ۲ ــ ین‌های معدنی :

اثرنوع و میزان‌کانیهای خاک بر زمان پایداری حشره‌کش‌ها ازطریق تأثیر درساختمان و تیپ‌خاک اعمال‌میگردد. عمل‌جذب احتمالا" اولین مرحله در فرآیند تجزیه در مجاورت کاتالیزورها بوده و انجام‌آن در خاکهائی‌که دارای آهن‌زیاد هستند بسرعت صورت‌میگیرد. بنابراین، جذب حشره‌کش‌ها در خاکهای لاتریتیک که دارای مقدار زیادی اکسیدآهن هستند سریع انجام می‌شود. بعلاوه، نتایج حاصل از تحقیقات دیگر نشان میدهد که وجود آهن و آلومینیم زیاد درخاکها باعث خواهد شد که عمل تجزیه د.د.ت درآنها بطرز موءثری تسریع گردد (۲۵). شواهددیگری دردست‌است‌که‌زمان‌پایداری‌لیندان (Lindane) درخاکهائی که دارای منیزیم زیادتری هستند بیشتر است.

تجزیه د.د.ت در بعضی از خاکهای حاصل از خاکستر آتشفشان را به‌وجود کانیهای رس موجود در آن نسبت میدهند. ضمنا" ، وجود نمکهای معدنی، بویژه نمکهای آهن، آلومینیم و **کرو**میوم در خاک باعث تسریع در تجزیه د.د.ت خواهند شد.

از مجموعه‌شواهد موجود چنین نتیجه می‌شود که کانیهای خاک میتوانند در عمل تجزیه حشره‌کش‌ها ایفاگر نقش موءثری باشند، ولی‌با اینحال‌برای اینکه اهمیت‌آنها بطور کامل ارزیابی شده باشد احتیاج به شواهد زیادتری خواهد بود.

۷ ــ ۳ ــ ۲ ــ درجه حرارت :

حشره‌کش‌ها اصولا" از طریق تجزیه شیمیائی و باکتریائی و بصورت گازیا بخار از خاک خارج میشوند و تمام این فرآیندها تحت تأثیر درجه حرارت محیط قرار دارند. در شرائط درجه حرارت‌زیاد عمل‌تجزیه تسریع می‌شود و نتیجتا" مقدار زیادتری از حشره‌کش از دست میرود، در صورتیکه در شرائط عکس تجزیه و از آنجا تلفات کاهش می‌یابد.

شواهد موجودنشان می‌دهد که هیچگونه تلفاتی‌از آلدرین و هپتاکلر در خاکهای یخ زده مشاهده نشده است، ولی در طول ۵۶ روز و در شرائط ۶، ۲۶ و ۴۶ درجه سانتیگراد بترتیب ۱۶ تا ۲۷، ۵۱تا ۵۵ و ۸۶ تا ۹۸درصد از مقدار مصرفی از محیط خارج شده است (۲۶).

تغییر ترکیب حشره‌کش‌ها به ترکیبات جدید، در اثر درجه حرارت تسریع می‌شود. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که مقدار آلدرینی که در شرائط ۲۶ و ۴۶ درجه سانتیگراد تبدیل به دیلدرین می‌شود بیشتر از زمانیست که درجه حرارت ۷درجه سانتیگراد باشد، وهمچنین تجزیه دیازنیون و تیونازین با افزایش درجه حرارت تسریع میگردد.

میزان‌جذب حشره‌کش‌هابوسیله خاک نیز تحت‌تأثیر درجه حرارت‌محیط خواهد بود و از آنجا که عمل جذب حرارت‌زاست، لذا افزایش درجه حرارت میزان جذب را کاهش داده و باعث گریز حشره‌کش از محیط میگردد.

درجه‌حرارت نیز از طریق تأثیر برقابلیت انحلال‌حشره‌کش‌ها میتواند پایداری آنها را تحت تأثیر قرار دهد. قابلیت انحلال حشره‌کش‌ها در رطوبت خاک با افزایش درجه حرارت زیاد گردیده و نتیجتا" میزان تلفات آنها را از طریق آبشوئی افزایش می‌دهد. ضمنا" ،با اینکه افزایش درجه حرارت باعث افزایش تجزیه، آبشوئی و گریز حشره‌کشها می‌شود، ولی این نیز ثابت‌گردیده که خاکهای خشک‌که معمولا" گرم هستند حشره‌کش‌ها را محکمتر بخودمیگیرند تا خاکهای‌مرطوب (تناقض). بنابراین،

با توجه به تناقض موجود لازمست که کیفیت امر مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار گیرد.

۸ ـ ۳ ـ ۲ ـ رطوبت خاک :

ملکول آب بدلیل قطبی بودن شوجذب آن بوسیله کلوئیدهای خاک میتواند در عمل جذب حشره‌کش‌ها بوسیله خاک رقابت نماید. بنابراین، در خاکهای خشک که ملکولهای کمتری از آب وجود دارد، جذب حشره‌کش‌ها بایستی با سهولت بیشتری انجام شود. ولی بیشتر حشره‌کش‌ها عکس آن عمل کرده و میزان جذب آنها با رطوبت افزایش می‌یابد.

رطوبت هوای خاک که مستقیما" در ارتباط با رطوبت خاک می‌باشد، میتواند پایداری حشره‌کش‌ها را از سه طریق تحت تأثیر قرار دهد:

ـ تأثیر در میزان جذب
ـ تأثیر در میزان انتشار
ـ تأثیر در قابلیت حصول

جذب ذرات پراکنده حشره‌کش بوسیله خاک با افزایش رطوبت هوای آن کاهش می‌یابد و این عمل در خاکهائی که دارای ظرفیت جذب کمتری هستند شدت می‌یابد.

میزان انتشار حشره‌کش‌ها در خاک با رطوبت نسبی آن افزایش می‌یابد، همچنانکه ۱۰ درصد افزایش در رطوبت نسبی میتواند سمیت حاصل از حشره‌کش را بدو برابر برساند. بنابراین یک حشره‌کش واحد، در فاصله تغییرات رطوبت خاک از درجات مختلفی از سمیت برخوردار بوده وتغییرات ایندو یک سویه خواهد بود.

بر اساس نتایج حاصل از بررسیهائی که در زمینه تأثیر رطوبت برپایداری حشره‌کش‌ها در خاک انجام شده است و اینکه حشره‌کش‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی در مقابل رطوبت از خود نشان می‌دهند، می‌توان حشره‌کش‌های مورد آزمایش را در چهار رده طبقه‌بندی کرد :

ـ جذب آلدرین و لیندان بوسیله خاکهای خشک چندان شدیدنبوده و از این‌نظر با آب رقابتی‌نخواهند داشت و نتیجتا" حشرات را همیشه تحت کنترل خواهند داشت.

ـ متیل پاراتیون و فنیتروتیون (Fenitrothion)که با شدت‌متوسطی توسط خاکهای خشک جذب می‌شوند و درنتیجه با آب‌رقابتی متوسط خواهند داشت، می‌توانند در ردیف حشره کش‌های خوب قرار گیرند.

ـ تیونازین، دیازنیون‌ودیکلوفنتیون dichlofenthion با شدت بیشتری جذب خاکهای معدنی خشک می‌شوند، و در شرائط خاک مرطوب‌از نظر جذب با آب رقابتی‌نخواهند داشت، لذا سمیت آنها از نظر حشرات بسیار شدید خواهد بود.

ـ حشره‌کش‌هائی‌چون azinphos-Methyl که‌بشدت در سطح ذرات خاک جذب می‌شوند و از این طریق با آب در رقابت کامل هستند، بطوریکه حتی در شرائط خاک مرطوب به ـ حالت جذب باقی می‌مانند، از نظر کنترل حشرات کاملا" غیر ـ موءثر می‌باشند.

زمان‌پایداری حشره‌کش‌ها درخاکهائی که‌بطور مدام مرطوب هستندنسبت بخاکهای خشک‌کمتر می‌باشد. ضمنا" ، چون‌خاکهای خشک درشرائط اقلیمی گرمتر و خاکهای‌مرطوب در شرائط اقلیمی سردتر یافت‌می‌شوند، ممکن‌است چنین‌نتیجه‌گیری کردکه، درجه حرارت و رطوبت از نظر تأثیر در پایداری حشره‌کش‌ها در خاک در جهت عکس هم عمل کنند.

۹ ـ ۳ ـ ۲ ـ پوشش نباتی :

بدیهی است‌که خاکهای فاقد پوشش نباتی یا درحال‌آیش در مقایسه با خاکهای زیر کشت بیشتر در معرض تابش خورشید،

وزش بادوبالاخره‌ضربات‌مستقیم قطرات باران هستند. بنابراین باتوجه به نقش‌درجه حرارت، رطوبت و دیگر خصوصیات فیزیکی و شیمیائی‌خاک در میزان پایداری حشره‌کش‌ها بنظر میرسد که اثر سایه‌افکنی نباتات‌ممکن است تا حد زیادی در درجه‌پایداری حشره‌کش‌ها تأثیر گذارد. بعنوان مثال اگر در یک قطعه زمین دو بخش‌کوچک که‌دارای‌خصوصیات فیزیکی‌وشیمیائی یکسانی هستند انتخاب کنیم و آنها را با هپتاکلر سمپاشی نمائیم و برسطح‌یکی از این بخش‌ها مصنوعا" سایه بیندازیم، نتایج بررسی پایداری هپتاکلر درخاک این‌دو بخش نشان خواهدداد که میزان‌پایداری با اختلافی جزئی در بخش سایه‌دار بیشتر از بخش بدون سایه می‌باشد. چون علت را بررسی کنیم باین نتیجه خواهیم رسید که‌درجه حرارت باتأثیر بیشتر خود بر بخش بدون سایه توانسته است این اختلاف جزئی را بوجود آورد. گروهی از محققین در اینمورد آزمایشی انجام میدهند، و آن اینکه دو کرت را انتخاب کرده و آنها را با ماده فعال آلدرین و بمیزان ۲۸ کیلوگرم در هکتار سمپاشی مینمایند و بعد یکی از ایندو را بزیر کشت یونجه درآورده و بعداز سه سال پس‌ماند آلدرین را در این دو کرت اندازه‌گیری‌میکنندومیزان‌آنرابرای‌کرت‌زیرکشت یونجه۹/۱ppm و برای کرت فاقد یونجه۴/۸ppm گزارش میدهند (۲۷).

عامل دیگری که در این ارتباط بایستی مورد توجه قرار گیرداینکه، حشره‌کش‌ها می‌توانند بوسیله بعضی از نباتات ازخاک جذب شوند، که این خود بکاهش آنها در خاک کمک خواهدکرد. شواهدموجود دراین زمینه حکایت از این دارد که حشره‌کش‌های آلی‌کلره می‌توانند بوسیله هویج و بعضی دیگر از نباتات ازخاک جذب شوند. البته، مقدار جذب حشره‌کش‌های پایدار بوسیله نباتات چندان زیاد نبوده و از این نظر نمی‌توانند عامل مهمی در کاهش حشره‌کش‌ها در خاک بشمار آیند.

۱۰ ـ ۳ ـ ۲ ـ شخم :

حشره‌کش‌ها معمولا" باعمل‌شخم بداخل‌خاک‌منتقل‌می‌شوند، ولی آنهائیکه از طریق سمپاشی نبات و شستشوی برگی حاصل از بارندگی بخاک منتقل‌می‌شوند ممکن است برای مدتی طولانی‌در خاک باقی بمانند و هیچگونه تغییری در آنها بوجود نیاید.

پایداری حشره‌کش‌ها در خاک تابع کیفیت شخم بوده و با آن تغییر می‌کند. بعنوان مثال، اگر سطح خاکی از نمونه سندی لوم بوسیله آلدرین و بمیزان ۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار مورد سمپاشی قرار گیرد ۹۵ درصد از سم مصرفی در فاصله ۶ هفته‌اثر خود را از دست‌میدهد، ولی اگر باعمل شخم بداخل‌خاک‌منتقل گردد ۴۰درصد آن تا ۲۰هفته پس‌از کاربرد در خاک باقی‌خواهد ماند. ضمنا" ،اگرآلدرین را با عمل‌شخم بداخل خاک فاقد پوشش نباتی منتقل‌کنیم زمان پایداری‌آن در مقایسه با شرائطی‌که‌خاک دارای پوشش چمنی باشد و شخم نخورده باشد بیشتر است. از طرف دیگر، اگر پایداری آلدرین یا هپتاکلر را در خاکهای زیر کشت و بدون پوشش‌نباتی مورد مقایسه قرار دهیم به این نتیجه خواهیم رسید که پس از ۴ ماه میزان پس‌ماند در خاک زیر کشت بمراتب بیشتر از خاک فاقد پوشش نباتی بوده و بترتیب ۲۶ ـ ۲۵ و ۵/۳ ـ ۲/۷ درصد از سم مصرفی را شامل می‌شوند (۲۷).

زمان پایداری حشره‌کش‌های پایدار را در خاک می‌توان با انجام شخم‌های مکرر کاهش داد. دلیل بر این ادعا اینکه، اگر یک خاک لومی را با د.د.ت یا آلدرین سمپاشی کنیم و روزانه و بمدت ۳ ماه آنرا دیسک زنیم و میزان تلفات سم را در این آزمایش و درآزمایش دیگری‌که زمین فقط یکبار شخم خورده است مورد مقایسه قرار دهیم مشاهده خواهیم کردکه‌تلفات‌درآزمایش اول (شخم منظم) بیشتربوده ومیزان آن‌برای د.د.ت و آلدرین بترتیب ۲۵ و ۳۸ درصد خواهد بود.

بنابراین، در شرائطی‌که حشره‌کش‌ها کاملا" با خاک مخلوط شده باشند زمان پایداریشان بیشتر از وقتی خواهد بود که این عمل انجام نشده باشد.

۴ ــ ۲ ــ خطرات ناشی از پس‌ماند آفت‌کش‌ها درخاک :

حشره‌کش‌هائی که در خاک یا در بقایای جنگلی پایدار میمانند می‌توانند موجودات زنده خاک را بطرق زیر تحت‌تأثیر قرار دهند:

ــ ممکن است مستقیما" برای آنها مسموم کننده باشند.

ــ ممکن‌است آنها را از نظر ژنتیکی تحت تأثیر قراردهند بطوریکه جامعه‌ای مقاوم بوجود آید.

ــ ممکن است دارای اثر نیمه‌حیاتی بر روی فعالیت، رفتار تولید مثل و عمل سوخت و ساز آنها داشته باشند.

ــ ممکن است بوسیله موجودات زنده خاک جذب و وارد اندام آنها گردند.

۱ ــ ۴ ــ ۲ ــ اثرپس‌ماند آفت‌کش‌ها برروی موجودات‌زنده ذره‌بینی خاک :

تغییر نامطلوب فعالیت‌های میکربی خاک بوسیله حشره ــ کش‌های پایدار می‌تواند عامل مهمی در کاهش حاصلخیزی خاک بشمار آید. خوشبختانه، بیشتر شواهد موجود گواه براینست که با اینکه‌ممکن است فعالیت‌های میکربی خاک تحت تأثیر پس‌ماند حشره‌کش‌هادچاراختلال گرددولی، بدلیل‌ناکافی‌بودن‌نمی‌تواند کاهش چندانی‌در حاصلخیزی‌خاک‌بوجود آورد. در واقع، عده‌ای بر این‌اعتقادند که حشره‌کش‌های آلی‌کلره تعداد موجودات‌زنده ذره‌بینی خاک را افزایش میدهند و علت امر را در این می‌بینند که این موجودات از کربن حشره‌کش‌ها استفاده بعمل می‌آورند (۲۸). از طرف دیگر، نتایج تحقیقات بعضی از **محققین نشان** میدهد که هیچیک از حشره‌کش‌های پایدار نمی‌توانند تأثیری بر جانداران ریز خاک داشته باشند.

قارچهادر مقایسه با باکتریها، که تقریبا" مصونیت دارند، نسبت‌به‌حشره‌کش‌های‌کلره‌پایدارحساسیت بیشتری‌نشان میدهند. با اینکه بنظر میرسد که تأثیر حشره‌کش‌های کلره بر روی نیتر ــ یفیکاسیون وآمونیفیکاسیون بسیارجزئی باشد، ولی در عین‌حال حساسیت‌موجودات‌زنده‌ذره‌بینی‌که‌مسئولیت عمل‌نیتریفیکاسیون را بعهده دارند در مقابل حشره‌کش‌ها زیادتر است.

در جمع حشره‌کش‌های آلی کلره بنظر میرسد که BHC (Benzene hexachloride) بیشترین تأثیر بـــر روی جانداران ریز خاک داشته‌باشد. بعلاوه BHC نسبت به حشره‌ــ کش‌های هم گروه خود از حداقل پایداری برخوردار است.

بطورکلی، از مجموعه گزارشات موجود در این‌زمینه چنین استنباط می‌شود که تأثیر حشره‌کش‌های پایدار بر روی موجودات زنده‌ذره‌بینی خاک درصورت وجود زودگذر خواهد بود وفعالیت آنها بلافاصله بحالت عادی خود بر میگردد.

۲ ــ۴ ــ ۲ــ اثرپس‌ماندآفت‌کش‌ها برروی‌حیوانات‌خاکزی :

بعضی از موجودات خاکزی در شمار آفت‌ها قرار میگیرند و در این صورت بایستی آنها را بطریقی از بین برد. متاسفانه، تعداد اینگونه موجودات در مقایسه با انواع مفید آنها، چون حشرات ریز شکاری و هزارپاها و همچنین آنهائی که در تجزیه و تخریب‌بقایای‌نباتی و حیوانی‌شرکت داشته‌و بدینطریق‌می‌توانند در کیفیت حاصلخیزی خاک تأثیر گذارند زیادتر است.

کرم‌خاکی‌وکرمهای‌ازنوع Enchytraeid، Collembola، Diptera Larva وبعضی‌ازAcarina همگی‌ازموادپوسیده موجود درخاک تغذیه می‌کنند و بدینطریق‌می‌توانندکمک‌موءثری

در نقلو انتقال این مواد بداخل خاک باشند. اثرات سوء ناشی از مرگ ومیر موجودات‌زنده مفیدخاک، در مناطق جنگلی و بطور کلی در مناطقی که هیچگونه فعالیت کشت و کار دیده نمی‌شود بیشتر متجلی‌میگردد تا در زمینهای زیر کشت، زیرا در زمینهای مزروعی عملیات کاشت و داشت باعث میگردند که اثرات سوء حاصله کمتر نمودار گردد و بعلاوه همان اثرات حاصل از فعالیت این موجودات را در خاک اعمال خواهند کرد.

آفت‌کش‌های پایدار بطور مستقیم یا غیرمستقیم موجودات خاکزی را تحت‌تأثیر قرار میدهند، ولی‌کیفیت امر هنوز آنطوری که شاید و باید روشن نگردید و احتیاج به تحقیقات بیشتری در این زمینه خواهد بود.

معمولا" حیوانات خاکزی که دارای فعالیت بیشتری بوده‌و اغلب شکاری می‌باشند، نسبت به‌آفت‌کش‌ها حساسیت بیشتری نشان میدهند تا آنهائی که از نظر فعالیت در مرتبه پائین‌تری قرار دارند.

رویهمرفته، تاثیر آفت‌کش‌های آلی کلره بر روی تعداد کل حیوانات خاکزی شدید نبوده و میزان تلفات بندرت به بیش از ۵۰ درصد شرائطی که آفت‌کش بکار گرفته نشده است میرسد. ضمنا"، از آنجا که در بیشتر خاکها می‌توان پس‌ماند د.د.ت و دیلدرین را اندازه‌گیری‌کرد احتمال‌اینکه محیط‌زنده‌خاک بیشتر تحت تأثیر ایندو باشد بیشتر خواهد بود.

موجودات مختلف خاکزی نسبت به د.د.ت حساسیت متفاوتی از خود نشان میدهند. بعنوان مثال، بیشتر حشرات کوچک بویژه از نوع شکاری با کاربرد د.د.ت در خاک از بین میروند و این خود اغلب باعث افزایش در تعداد کرمهای ازنوع Collembola که د.د.ت بر روی آنها اثری ندارد خواهد شد. د.د.ت بر روی کرم خاکی اثری نخواهد داشت و بعلاوه بندپائیان‌خاکزی‌نیز نسبت‌به د.د.ت حساسیتی نشان نخواهند داد.

دیلدرین‌معمولا" درمورد خاک بکار گرفته نمی‌شود و دلیل موجودیت آنها در خاک که در گزارشها به‌آن اشاره شده‌است اینست که بکارگیری آلدرین در خاک باعث خواهد شد که این ماده ضمن تجزیه‌ای که در خاک روی آن انجام می‌شود دیلدرین را بوجود آورد.

پس‌ماندهای دیلدرین و آلدرین بیشتر از د.د.ت برای بیشتر حیوانات‌خاکزی بجزحشرات ریز ایجادمسمومیت می‌کنند. دیگر حشره‌کش‌های کلره بجز اندرین (Endrin) نسبت به د.د.ت، آلدرین‌و دیلدرین‌مسمویت کمتری برای‌بیشترگونه‌های حیوانات خاکزی ایجادمی‌کنند. کلردان، اندرین و هپتاکلربرای کرم‌خاکی سمیت‌شدیدی ایجادمی‌کنند و ازآنجا که این‌موجودات در حاصلخیزی خاک، ایفاگر نقشی هستند، مطمئنا" کاربرد آنها مطلوب نخواهد بود.

بطورخلاصه، هنوز شواهد کلی در دست نیست که نشان‌دهنده اثر آفت‌کش‌های پایدار بر روی جامعه حیوانات خاکزی‌که در حاصلخیزی خاک تأثیر میگذارند باشد، ولی با اینحال اگر پس ماند آنها برای‌مدتی طولانی در خاک مناطق جنگلی ومراتع باقی بمانند، امکان اینکه پس از یکدوره طولانی ساختمان خاک را تحت تأثیر قرار دهند خواهد بود.

۳ــ۴ــ۲ــ ورود در زنجیره غذائی :

برای‌اولین بار درسال ۱۹۵۸ توسط یکی‌از محققین‌گزارشی مبنی بروجود پس‌ماند د.د.ت در نسوج کرم خاکی داده شد و متعاقب آن عده‌ای دیگر از محققین این نظریه را تأئید کردند (۲۹). بیشتر این گزارشها حاکی از اینست که مقدار د.د.ت در نسوج کرم خاکی بیشتر از مقدار موجود در نمونه‌های خاک بوده‌است. درمورد سوسکهای خاکزی و Molluses از نرمتنان

خاکزی با پوشش حفاظتی در سطح بدن). نیز آزمایشات مربوطه وجودحشره‌کش‌های آلی‌کلره را در نسوج آنها باثبات رسانده‌اند (۳۰). ضمنا" ، شواهد موجود نشان میدهد که خاکزیان ریزنه تنها ممکن‌است حاملین حشره‌کش‌های پایدار باشند، بلکه بعضی از آنها چون حشرات ریزمی‌توانند ضمن جذب حشره‌کش‌ها آنها را دربدن‌خودبه‌ترکیبات جدیدی‌تبدیل‌سازند (تبدیل DDT به‌DDEدر نسوج حشرات ریز خاکزی).

بنابراین، احتمال‌اینکه اکثرنرمتنان‌خاکزی بتوانندمقداری از حشره‌کش‌های مصرفی راضمن جذب با خود حمل‌نمایند وجود دارد، ولی پس‌ماند سموم موجود در بدن این موجودات بدان حدنیست که حیات آنها را بخطر اندازد. منتها، از آنجاکه‌این حیوانات خوراک بیشتر پرندگان و جانوران را تشکیل میدهند، لذا با تغذیه از آنها ممکن‌است بتدریج غلظت سم در بدن این موجودات افزایش یابد و به حدکشنده برسد. بعلاوه، چون‌ثابت شده است که، جانوران مهره‌داری که از پرندگان حامل موادسمی تغذیه میکنند خود مقداری از سم موجود در غذای مصرفی را در بخشی از بدن ذخیره کنند، بنابراین امکان خواهد داشت که مهره‌داران رده بالاتر در صورت تغذیه از این حیوانات دچار مسمومیت‌گردند با توجه به آنچه گفته‌شد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که حشره‌کش‌های آلی پایدار می‌توانند از طریق زنجیره غذائی به‌بدن انسان منتقل‌شوند و حیات‌او را بمخاطره اندازند و بهمین‌جهت مهمترین خطرات ناشی از کاربرد این حشره‌کشها مربوط به قابلیت انتقال آنها میباشد.

۴ ـ ۴ ـ ۲ ـ اثرات نیمه‌حیاتی پس‌ماند آفت‌کشها برروی حیوانات خاکزی:

تداوم کاربرد حشره‌کشهای‌کلره پایدار در دفع آفات‌باعث خواهدشد که گونه‌های‌معینی از جانوران خاکزی که طی چندنسل در معرض حشره‌کشها قرار داشته‌اند حساسیت خود را از دست بدهند و در مقابل آنها مقاوم گردند. در این شرایط، اگرجانور در شمار آفات قرار گرفته باشد مجبور خواهیم بود که در مبارزه با آن همراه با گسترش مقاومت میزان سم را نیز افزایش دهیم، که‌این بنوبه خود وبدلیل افزایش‌در پس‌ماندحشره‌کشها پتانسیل بیشتری را از نظر آلودگی بوجود خواهد آورد.

براساس شواهد موجود، دیگر تأثیر نیمه‌حیاتی پس‌ماند حشره‌کشها بر روی حیوانات خاکزی، تغییر احتمالی در پتانسیل تولید مثل بعضی از آنها و در نتیجه تغییر در تعداد اینگونه گونه‌ها خواهد بود. در این شرایط، اگر نرم‌تن آفت بشمار آید چنین تأثیری خد مطلوب است و در صورت عکس (نوع مفید) نامطلوب خواهد بود.

بالاخره، تأثیر آفت‌کشها بر روی نرم‌تنان ممکن است‌منجر به تغییر در رفتار و کیفیت تغذیه‌ای آنها گردد. چنین اثراتی، باعث‌اعمال فشار در اکوسیستم خاک خواهد شد و نتیجتا"رابطه بین شکار و شکارچی را بهم خواهد زد.

در حال حاضر، اثرات کلی حشره‌کشهای کلره پایدار در این‌رابطه مشخص‌نشده است وممکن‌است کاملا" نامطلوب بحساب آیند، اگر چه در شمار خطرات اساسی ناشی از پس ماند حشره‌کش‌ها در خاک بشمار نمی‌آیند.

۵ ـ ۴ ـ ۲ ـ اثرپس‌ماند آفت‌کش‌هابرروی رشدونمونباتی:

از اینکه زیادی پس‌ماند حشره‌کش‌های کلره پایدار درخاک بتواند برای نباتات مضر واقع شود هنوز هم در مواردی با شک و تردید همراه است. ولی، مجموعه تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده است همراه با نتایج جالب توجهی بوده است که در اینجا به بعضی از آنها که از درجه اهمیت بیشتری برخوردارند اشاره خواهد شد. آثار و علائم حاصل از پس‌ماند حشره‌کش‌هابر

روی نباتات نسبت به نوع آنها متفاوت بوده و در بیشتر موارد شامل ضعف رشد و جوانه‌زدن، کلروز و پژمردگی، تغییر شکل یا توقف رشد و بالاخره تغییر طعم در بخش‌های خوراکی نبات بوده‌اند. با اینحال، گزارشات موجود در این زمینه حاکی از اینست که، بجز در خاکهای باغات میوه که زیادی پس‌ماند دیده شده است در سایر شرائط مقدار آن برای اینکه صدمه‌ای متوجه نبات سازد کافی نبوده است.

BHC در شمار حشره‌کش‌های کلره‌ایست که بیشترین سمیت رابرای نبات ایجادمیکند و اغلب مقدار متوسطی از پس‌ماند آن درخاک باعث‌توقف رشدآن میگردد ومهمتر ازهمه‌طعم بخش‌های خوراکی نبات را نامطلوب می‌سازد. ضمنا" ، آزمایشات دیگری نشان‌داده است‌که BHC می‌تواند رشدنبات را تحریک‌کند. آغشته کردن بذور به BHC باعث خواهد شد که عمل جوانه زدن آنها مدتها قبل از کشت تحت تأثیر قرار گیرد.

د . د . ت درصورتیکه بمقدار زیاد مورداستفاده قرارنگرفته باشد نمی‌تواند برای بیشتر نباتات ایجاد مسمومیت کند، ولی‌ها معدودی از نباتات هستند که در مقابل آن حساسیت کمی نشان میدهند. البته، اگر میزان مصرف د . د . ت در واحد سطح زیاد باشدنباتات گوجه‌فرنگی، خیار ولوبیانسبت به‌آن تا حدمسمومیت حساسیت نشان خواهند داد. مصرف بیش از ۲۲/۴ کیلوگرم در هکتار از د . د . ت رشدچغندر وحبوبات‌را تحت تأثیرقرارخواهد داد. د . د . ت میتواند رشدهویج، هویج‌فرنگی وشلغم را تحریک نماید.

آلدرین‌نسبت به د . د . ت ، نسبتا" مسمویت بیشتری برای نباتات بوجود میآورد و مصرف ۸/۹ تا ۱۷/۹ کیلوگرم درهکتار از آلدرین‌میتواند به خیار، گوجه‌فرنگی، لوبیا، چغندر وحبوبات صدمه زند.

کلردان، اندرین‌وهپتاکلر تقریبا" مشابه‌آلدرین‌عمل‌میکنند، و در میان گروه حشره‌کشهای کلره دیلدرین حداقل مسمومیت را برای نباتات بوجود میآورد.

بنابراین، از بررسیهای انجام شده چنین استنباط‌می‌شود که میزان پس‌ماند حشره‌کش‌ها در خاکهای مورد آزمایش‌نتوانسته است رشد نباتات را چندان تحت‌تأثیر قرار دهد. ولی، با این حال لازمست که در این زمینه تحقیقات بیشتری انجام شود تا کیفیت امر بیشتر روشن گردد.

۵ ــ ۲ ــ کیفیت و راههای خروج پس‌ماند آفت‌کش‌ها از خاک:

حشره‌کش‌های آلی کلره همگی از نظر شیمیائی پایدار و نسبتا" غیرفرار بوده و از درجه‌انحلال ضعیفی برخوردارند، این خصوصیات باعث شده‌اند که پایداری آنها در خاک زیاد باشد. با اینحال، کلیه آنها و حتی د . د . ت بتدریج در خاک ناپدید می‌شوند. با اینکه هنوز راههای اساسی گریز حشره‌کش‌ها از خاک کاملا" روشن نشده است، ولی شواهد موجود می‌تواند ارزیابی اهمیت نسبی عوامل مختلف را در این رابطه آسانتر سازد.

۱ ــ ۵ ــ ۲ ــ فرار از خاک (بخار شدن):

از آنجا که حشره‌کش‌های کلره چندان فرار نیستند، لذا جزءکوچکی از آنها بدینطریق ازخاک خارج می‌شود. ولی، شواهد موجود براینست که کلیه حشره‌کش‌ها و حتی آنهائی که امکان فرارشان از خاک نمی‌رود، اگر مدت مدیدی در معرض هوا قرار گیرندمقدار زیادی ازآنها از این‌طریق از سطح خاک خارج‌خواهد شد. در این مورد گروهی از محققین آزمایشی انجام می‌دهند و آن اینکه پروفیل توزیع آلدرین، دیلدرین، هپتاکلر، توکسافن‌یا (Champhechlor)، ایزودرین (Isodrin)، اندرین (Endrin) کلردان و بنزن‌هگزاکلرید را در خاک موردمطالعه

قرارداده و ۱۳سال پس‌از کاربرد پس‌ماند آنها را در لایه‌سطحی خاک (۷/۵ سانتیمتری) و در عمق ۷/۶ تا ۲۳ سانتیمتری اندازه‌گیری می‌کنند و باین نتیجه می‌رسند که، با اینکه حشره‌کش‌ها در سطح‌خاک بکارگرفته شده‌اند ولی پس‌ماند سموم مصرفی در لایه‌سطحی کمتراز لایه زیرین خاک‌است. علت امر را می‌توان چنین توجیه کرد که، حشره‌کش‌ها بوسیله اشعه خورشید تجزیه نوری‌یافته و از خاک فرارکرده‌اند، ولی با اینحال احتمال میرود که چنین‌توزیعی را بتوان‌بصورتی بیان‌داشت و با عوامل دیگری در ارتباط دانست. با توجه به مسئله فوق اهمیت و نقش عمل شخم در کاهش تلفات حشره‌کش‌ها کاملا" روشن می‌شود.

فشار بخار حشره‌کش‌ها در خاک ثابت نبوده و با غلظت آنها تغییرمی‌کند، زیرا حشره‌کش‌ها در آب خاک حل‌شده‌وجذب سطح‌ذرات خاک می‌شوند. بنابراین، می‌توان قبول کرد که‌میزان تلفات حشره‌کش‌ها از طریق‌فرار از سطح خاک بسته به نوع حشره کش تغییر می‌کند. حشره‌کش‌های لیندان و د.د.ت می‌توانند‌از اینراه‌از خاک‌خارج شوند، منتها میزان تلفات لیندان درمقایسه با د.د.ت بمراتب بیشتر است (۳۰).

میزان تلفات حشره‌کش‌ها از طریق فرار از خاک ممکن‌است به غلظت آنها بستگی داشته باشد (۳۰). فرار حشره‌کش‌ها از خاکهای خشک در مقایسه با خاکهای مرطوب بسیار آهسته است زیرا حشره‌کش‌ها بشدت جذب سطوح جذب‌کننده شده و امکان فرار برای آنها نخواهد بود، مگر اینکه بوسیله ملکولهای آب جانشین‌گردند. در شرائطی که حشره‌کش‌ها بوسیله شخم بداخل خاک منتقل شده باشند، میزان فرار آنها از سطح خاک محدود به مقداریست که از عمق بسطح منتقل میگردد. بنابراین، نقل و انتقال از طریق جریان موئینه (Capillarity) و یا انتشار ملکولی صورت خواهد گرفت و چون امکان دارد که این دو پدیده خیلی آهسته عمل کنند، لذا از این طریق نیز میزان تلفات نمی‌تواند چندان زیاد باشد.

در مورد تلفات و کیفیت ناپدید شدن دیلدرین در خاک نیزمطالعات دقیقی انجام گرفته و نتایج حاصله نشان میدهد که با اینکه ۲/۹ درصد از این ماده از خاک فرار می‌کنند، ولی به دلیل درگیری خاص آن در خاک احتمال میرود که میزان تلفات بیش‌از این باشد (۳۱). نتایج مطالعات دیگر محققین، علاوه بر تأئید این نظریه نشان میدهد که دیلدرین در شرائط ایده‌آل می‌تواند در فاصله یکسال از خاک فرار کند و در اجرای این پدیده‌انتقال دیلدرین بسطح خاک ضروری نخواهد بود. هپتاکلر و د.د.ت نیز از خاک فرار می‌کنند. میزان تلفات د.د.ت از این راه ۵۰ درصد مقدار مصرفی محاسبه گردیده است (۳۲). ضمنا" ، مطالعاتی که‌درمورد مشتقات د.د.ت انجام شده‌است‌حاکی از اینست‌که P–DDT و p p̀-DDT بیشتر از DDt-P P̄ از خاک فرار می‌کنند، لذا بایستی قبل از گریز تجزیه‌هائی روی آنها صورت‌گیرد. بعلاوه، فشار بخار ثابت نبوده و با درجه حرارت تغییر خواهد کرد و نتیجتا" فرار حشره‌کش‌ها از خاک‌گرم بیشتر از خاک سرد خواهد بود.

با توجه به نتایج تحقیقاتی که در زمینه فرار حشره‌کش‌ها از خاک انجام شده است، جای تردید نیست که این پدیده از عوامل‌اساسی خروج‌حشره‌کش‌ها از خاک‌است و بهمین دلیل‌وجود پس‌ماند حشره‌کش‌ها در هوا و آب باران را می‌توان ناشی از این فرآیند دانست.

۲ – ۵ – ۲ – آبشوئی و آبدویدگی :

حرکت توأم حشره‌کش‌ها و آب بدوصورت در خاک انجام می‌شود، یکی حرکت افقی یا جانبی در سطوح شیب‌دار و دیگری حرکت‌عمودی بداخل‌خاک و همراه بازه آب. ازمجموعه‌تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده نتایج زیر بدست داده شده است:

ـ حشره‌کش‌های د.د.ت، آلدرین و دیلدرین و لیندان می‌توانند بصورت افقی در خاک حرکت کنند.

ـ عمق آبشوئی برای بیشتر حشره‌کش‌ها زیاد نبوده و میزان آن بستگی به نوع حشره‌کش دارد.

ـ لیندان در مقایسه با د.د.ت تا عمق بیشتری آبشوئی می‌شود.

ـ میزان آبشوئی حشره‌کش‌ها بستگی به نوع خاک و میزان بارندگی دارد.

ـ میزان آبشوئی درخاکهای دست‌نخورده بیشتر ازخاکهای دست خورده است و در مورد دیلدرین تا ۱۰ برابر گزارش‌شده است (۳۳).

ـ تداوم آبشوئی منجر به انتقال بیشتر حشره‌کش میگردد و همراه‌با پیشرفت‌آبشوئی میزان حشره‌کش‌موجود در آب‌آبشوئی کمتر خواهد شد. علت امر را می‌توان به تداوم جذب حشره‌کش نسبت داد (۳۴).

ـ حشره‌کش‌ها بمیزان زیادتری از طریق آبدویدگی نقل و انتقال‌میابند تا آبشوئی. این مقادیر در مورد دیلدرین ۰/۰۲ درصد در آب حاصل از آبشوئی و ۹۹ درصد در آب حاصل از آبدویدگی گزارش شده است (۳۵).

ـ میزان انتقال حشره‌کش از طریق آبدویدگی معمولاً" با زمان‌کاهش میابدکه شایدبتوان علت‌امر را همانند موردآبشوئی به تداوم جذب حشره‌کش نسبت داد (۳۱).

ـ میزان آبشوئی حشره‌کش‌ها به قابلیت انحلال آنها در آب‌بستگی دارد، ولی این یک‌همبستگی ساده نیست، زیراجدا ـ سازی حشره‌کشها از خاک نیز تابع ظرفیت جذب آنها در سطح ذرات خاک میباشد.

ـ از طریق آبشوئی فقط جزء کوچکی از حشره‌کشها انتقال میابد.

ـ تقریبا" کلیه حشره‌کشها میتوانند هم حرکت **افقی و هم** حرکت عمودی در خاک داشته باشند.

۳ ـ ۵ ـ ۲ ـ تجزیه میکربی :

با اینکه بنظر میرسد که تمیز تجزیه‌های بیولوژیک و غیر ـ بیولوژیک از یکدیگرکار چندان ساده‌ای‌نباشد، ولی‌شواهدموجود مبین این است که موجودات زنده ذره‌بینی میتوانند در تجزیه آفت‌کشهای پایدار ایفاگر نقش مهمی باشند.

ساده‌ترین راه‌تمیز این دو نوع تجزیه از یکدیگراینست‌که، میزان تجزیه در خاکهای عاری از میکرب و با میکروب مورد مقایسه قرار گیرند. ولی، بازهم با مسئله دیگری مواجه خواهیم بود و آن اینکه روش بکارگیری در پاکسازی خاک خود میتواند سرعت تجزیه را تحت تأثیر قرار دهد. مثلا" ، تجزیه بعضی از آفت‌کشها در خاکهائی که بوسیله اشعه گاما تصفیه میکربی یافته باشند سریعتر انجام میشود تا در خاکهائی که بوسیله اتوکلاو این عمل انجام شده باشد (۳۶).

تجزیه میکربی در مورد بعضی از حشره‌کشهاانتخابی‌نبوده و جانداران ذره‌بینی اغلب می‌توانند حشره‌کش‌های مختلف را با سرعتهای‌متفاوت موردتجزیه قرار دهند. از آن جمله می‌توان تجزیه دیلدرین و حشره‌کش‌های سیکلودین (Cyclodiene) را به وسیله گروهی از موجودات زنده ذره‌بینی نام برد که در مورد دیلدرین سریعتر از سیکلودین انجام می‌شود.

جانداران ذره‌بینی خاک نیز می‌توانند حشره‌کش‌ها را به مشتقات مربوطه تبدیل‌سازند. بعنوان‌مثال‌قارچهای A. niger و Aspergillus flavus و Penicillium notatum نمی‌توانند dieldrin ـ C^{14} را به مشتقات‌آن تبدیل‌سازند، در صورتیکه همین‌قارچها قادرخواهند بود که مقدار زیادی از C^{14}ـAldrin ، ایزوبنزن، کلردان‌و

هپتاکلر را با وجود آب تجزیه و به مشتقات آنها تبدیل سازند (۳۷). قارچ Pseudomonas sp. می‌تواند آلدرین را تجزیه و به دیلدرین و چهار مشتق دیگر آن مبدل سازد. گروهی از محققین در انجام بررسی فعالیت موجودات زنده ذره‌بینی در تجزیه حشره‌کش‌ها ۹۲ کشت مختلف از آنها را مورد مطالعه قرار میدهند و باین‌نتیجه میرسندکه بعضی‌از آنها قادرند که آلدرین رابه‌دیلدرین مبدل‌سازند ،بویژه‌قارچ Fusarium sp. که می‌تواند ۹/۲ درصد از آلدرین را به دیلدرین تبدیل سازد. در این تغییر و تبدیل قارچهای Trichoderma spp ، Rhisopus- Penicillium و Mucor به ترتیب حداکثر کارآئی رانشان‌داده‌اند. ضمنا" ، فعالترین‌اکتینومیست وباکتریها رادراین‌ارتباط Streptomyces sp.،Nocardia sp. و Micromonospora sp. تشخیص‌داده‌شده‌اند (۳۸) . اکتینومیست‌ها می‌توانند د.د.ت را تجزیه کنند، در صورتیکه تجزیه دیلدرین بوسیله هیچکدام از آنها مشاهده نشده است.

بطور خلاصه می‌توان نتیجه گرفت که جانداران ذره‌بینی خاک درتجزیه حشره‌کش‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند، ولی‌اینکه آیا قادر خواهند بود که تجزیه کامل را در مورد حشره‌کش‌ها انجام دهند هنوز شواهدی بدست داده نشده است.

۴ ــ ۵ ــ ۲ ــ سایر تلفات :

حشره‌کش‌های آلی‌کلره می‌توانند بوسیله نباتاتی که برروی خاک حاوی پس‌ماند آنها کشت شده‌اند جذب شوند. اگر این نباتات ازنوع زراعی باشند، قسمتی‌از پس‌ماند حشره‌کش‌هاهمراه با برداشت محصول از خاک خارج خواهد شد.

حشره‌کش‌هانیز دربخش موادآلی وکلوئیدی‌خاک وهمچنین در نسوج موجودات خاکزی بصورت غیرفعال درآمده و محبوس میگردند.

۶ ــ ۲ ــ کاهش پس‌ماند آفت‌کش‌ها در خاک :

حشره‌کش‌های آلی کلره بدلیل ارزانی قیمت، پایداری در محیط و بالاخره‌تنوع ترکیبات‌در صحنه‌کشاورزی از اعتباری‌خاص برخوردار بوده و مصرفشان مرتبا" افزایش یافته است. اگرچه به کارگیری این سموم درحفظ نباتات و تولیدات زراعی باعث‌شده است که از میلیونهادلار خسارت سالیانه که بوسیله این آفات‌به کشاورزی وارد میشود جلوگیری بعمل آید، ولی مصرف بیش‌ازحد و بی‌رویه آنها، که افزایش پس‌ماند بدنبال خواهد داشت، منجر به آلودگی بخش‌های مختلف بیوسفر گردیده وحیات انسان و میلیونهاموجودات‌زنده دیگر رابه‌مخاطره‌انداخته‌است. بنابراین با توجه به این زنگ‌خطر بایستی سعی برآن باشد که ضمن‌کاهش در مصرف آنها و در عین حال تحقیق در کارآئی و امکان بکار گیری دیگر روشهای مبارزه، میزان پس‌ماند آنها بحداقل خود کاهش داده‌شوند. در اجرای این فعالیت علاوه بر اینکه بایستی به روش و ضوابط کاربر آنها توجه شود ضروریست که، مطالعاتی نیز در زمینه پاکسازی محیط خاک از پس‌ماند سموم انجام‌گیرد.

۱ ــ ۶ ــ ۲ ــ روش‌های کاربرد :

در اجرای‌سم پاشی‌زمینهای مزروعی، قبل‌از هرچیز بایستی حدود و ثغور بخشی از زمین که نیاز به سم‌پاشی دارد مشخص کرد و بی‌آنکه ضرورتی داشته باشد سطح وسیعی را بزیر پوشش ترکیبات‌سمی در نیاورد. عدم توجه به این نکته، نه تنها باعث اتلاف مقدار زیادی از سم خواهد شد، بلکه ذرات سم که برای مدتی در هوا معلق خواهند ماند بتدریج فضای وسیعی از منطقه را در برخواهندگرفت و مآلا" کلیه‌اجزاء اکوسیستم راتحت تأثیر قرار خواهندداد. بنابراین، بایستی‌از اجرای سم‌پاشیهای‌حساب نشده و کورکورانه که منجر به بروز چنین شرائطی می‌شوند،حتی در مورد سموم ناپایدار جلوگیری بعمل آید.

خوشبختانه، درسالهای اخیر کارآئی و ثمربخشی روش‌های سمپاشی که مشکلات آلودگی محیط را کمتر بدنبال داشته باشند تا حدزیادی افزایش یافته است. بعنوان مثال، در روشهای فعلی نیاز به آب چندان نخواهدبود و این خود باعث خواهد شد که مصرف سم بحداقل خود کاهش یابد. مهمتر اینکه، تجهیزات جدید سم‌پاشی این امکان را بوجود آورده است که، بتوان ۵۶۰ گرم در هکتار از ماده فعال حشره‌کش را بدون احتیاج به عمل ترقیق بکار گرفت.

عمل‌شخم، دیسک و یا شانه‌زدن زمین پس‌از سمپاشی منجر به افزایش در مصرف سم و پایداری بیشتر آن در خاک خواهد شد، زیرا با انجام این کار ذرات سم به اعماق خاک انتقال می‌یابند و امکان فرار از خاک برای آنها کمتر خواهد بود. بنا ـ براین، اگر هدف‌کاهش در میزان پس‌ماند باشد بایستی ازانجام هرگونه فعالیتی که منجر به انتقال ذرات سموم به اعماق خاک میگردد خودداری و ممانعت بعمل آید.

برای‌آفاتی که درمبارزه با آنهاسمپاشی تمامی خاک‌ضروری باشد، بهتر آن خواهد بود که میزان سم لازم جهت افزایش پس‌ماند موجود درخاک و بحد موردلزوم در کنترل آفت‌محاسبه گردد. با استفاده از این روش و با بکارگیری آلدرین توانسته‌اند آفات ریشه غلات را کاملا" تحت کنترل درآورند (۳۹). هرآینه بهترین روش کاربرد اینست که حشره‌کش‌های پایدار بصورت موضعی و درجائی که لازمست‌بکار گرفته‌شوند، ازآنجمله می‌توان کاربرد مقدار بسیار کمی از حشره‌کش در اطراف بذر را نام برد. در سالهای اخیر با استفاده از مواد تماس دهنده حشره کش و بذر که ایجاد پوشش یکنواختی از حشره‌کش را در اطراف بذر تضمین می‌کند، توانسته‌اند کارآئی این روش از کاربرد حشره ـ کش‌ها را تا حد زیادی افزایش دهند. یکی دیگر از روشهای کار برد که میزان پس‌ماند را بمقدار زیادی کاهش میدهد، بکارگیری حشره‌کش‌ها بمقدار کم در نزدیکی بذر و یا بصورت نوار باریکی در ردیف‌های کشت می‌باشد. ضمنا"، در مورد نباتاتی که نشاء می‌شوند می‌توان بعضی از آفات را از طریق آغشته کردن ریشه آنها در حشره‌کش و قبل از کشت کنترل نمود.

حشره‌کش‌هائی که زمان پایداریشان در خاک کوتاه است، برای اینکه درطول فصل رویش در خاک باقی‌بمانند می‌توان‌آنها را درفرم جذب‌شده در سطح گرانولهای خنثی که بتدریج حشره کش را آزاد می‌کنند بکار برد، گرانولهای مختلف میزان متفاوتی از حشره‌کش را آزاد می‌سازند، و لذا می‌توان مناسبترین آنها را برای آفت بخصوصی برگزید. بعلاوه، حشره‌کش‌ها را می‌توان در کپسولهای بسیارکوچک که بتدریج شکسته شده و حشره‌کش راآزاد می‌نمایند بکار گرفت.

بالاخره، ریشه‌کنی نیز از دیگر برنامه‌هائیست که می‌تواند در مورد بعضی آفات و در شرائط مقتضی بکار گرفته شود. این برنامه، معمولا" در مورد آفات غیر بومی و در سطوح محدود جغرافیائی می‌تواند موفق از کار درآید.

۲ ـ ۶ ـ ۲ ـ اعمال قانون:

در ایالات‌متحده‌آمریکا، بریتانیای کبیر و بیشتر کشورهای دیگر، دولت با برقراری قوانین خاصی بازار آفت‌کش‌ها را تحت کنترل خود دارد.

در آمریکا مقررات و شرائط سختی در مورد تولید و مصرف آفت‌کش‌ها اعمال‌می‌گردد. بطوریکه‌هیچیک‌از کارخانه‌های‌سازنده سموم نباتی نمی‌توانند سمی که واجد شرائط منظور در قوانین مربوطه نیست به بازار عرضه کنند. ضمنا"، در این قوانین حد مجاز آفت‌کش‌هابرای کلیه‌محصولاتی که بعنوان‌غذا مورداستفاده قرار میگیرند تعیین و مشخص گردیده است.

بر اساس همین قوانین، در بیشتر کشورها کاربرد د.د.ت

آلدرین و دیلدرین محدود و یا قدغن گردیده است. بعلاوه، از آنجا که سمپاشیهای هوائی منجر به افزایش پس‌ماند آفت‌کش‌ها درخاک گردیده و مصرف آنها را به‌میزان زیادی‌افزایش میدهد، لذا محدودیت در بکارگیری این روش از سمپاشی، مگر در مواقع ضروری، می‌تواند در ارتباط با مسئله پس‌ماند ارزنده باشد و میزان آنرا تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. آموزش مصرف ـ کنندگان حشره‌کش‌ها، کنترل و اجرای کامل مقررات مربوط به برچسب ظروف‌محتوی حشره‌کش‌ها بویژه از نظر قید نحوه کاربرد از جمله عوامل بسیار موءثر در کاهش پس‌ماند آفت‌کش‌ها بشمار می‌آیند.

۳ ـ ۶ ـ ۲ ـ شخم :

درشرائطی که آفت‌کش‌های‌پایدار در سطح‌خاک بکارمیروند بایستی از انجام شخم خودداری شود و از علف کش‌ها در دفع علفهای هرز استفاده بعمل‌آید، زیرا با اعمال‌این روش درخروج آفت‌کش‌ها ازخاک، چه‌از طریق تجزیه‌نوری و چه از طریق تبدیل به بخار تسریع خواهد شد. از طرف دیگر، وقتی که حشره‌کش با عمل شخم با خاک مخلوط میگردد می‌توان با اجرای شخم‌های مکررسرعت تجزیه آفت‌کش‌را افزایش داد. ولی‌با اینحال،شواهد موجود نشان میدهد که استفاده از شخم مکرر (سه روز در میان) در جهت تسریع در تجزیه آفت‌کش‌ها و خروج آنها از خاک از نظر اقتصادی مقرون بصرفه نخواهد بود (۴۰). بهر حال، بنظر میرسد که انجام شخم مکرر یک روش عملی جهت کاهش پس ـ ماند آفت‌کش‌ها در خاک باشد.

۴ ـ ۶ ـ ۲ ـ آبیاری غرقابی :

آبیاری غرقابی بعنوان یکی از راههای کاهش پس‌ماندآفت کش‌ها در خاک پیشنهاد گردیده است.

شواهدی در دست است که خروج حشره‌کش‌های پایدار از خاک‌می‌تواند در آبیاری‌غرقابی تسریع گردد، زیرادر این شرائط (غیرهوازی)، فعالیت بعضی‌از موجودات زنده ذره‌بینی‌افزایش می‌یابد. بعنوان مثال، میتوان خروج د.د.ت را از خاک بوسیله غرقاب‌نمودن‌وتلقیح‌باکتری Aerobacter aerogenes تسریع نمود. ولی، اینکه آیا این روش می‌تواند در مقیاس مزرعه عملی و بکار گرفته شود، نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه خواهد بود.

۵ ـ ۶ ـ ۲ ـ اضافه کردن مواد شیمیائی :

عده‌ای‌از محققین‌کوشیده‌اند تافعالیت پس‌ماند آفت‌کش‌ها را بوسیله اضافه کردن مواد جذب‌کننده بخاک کاهش دهند. یک مثال عملی‌ار این‌روش‌اینکه، با اضافه کردن ۱۱۲ تا ۴۴۸کیلو ـ گرم در هکتار از کربن فعال می‌توان سمیت حاصل از کلردان (chlordane) وهپتاکلر را که بترتیب‌بمیزان ۱۳/۷ ـ ۱/۷ و ۴/۵ ـ ۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار بکار گرفته می‌شوند از بین‌ـ برد (۴۱) .براساس‌شواهدی‌دیگر ،بااضافه‌کردن ppm ۴۰۰۰ ـ ۱۰۰۰ از کربن‌فعال می‌توان جذب هپتاکلر و آلدرین راتوسط نبات‌بمیزان معتنابهی کاهش داد. میزان کربن مورد نیاز دراین آزمایش‌بمیزان حشره‌کش‌مصرفی، تیپ خاک و نوع محصول‌بستگی خواهد داشت. اگرچه این روش عملی است و میتواند بکار گرفته شود، ولی‌در مورد بعضی‌از نباتات گران تمام می‌شود و احتمالا" مقرون بصرفه نخواهد بود. بعلاوه، اضافه کردن مقادیرزیادی از موادجاذب بدین‌معناست که، بمیزان زیادی از مواد شیمیائی نیاز خواهد بود تا بتوان آفات محصولات آینده را تحت کنترل درآورد. ضمنا" ، بایستی اضافه کرد که بکارگیری کربن فعال در اطراف نبات یا در ردیف‌های کشت موجب خواهد شد که نبات بتواند در شرائط‌آلودگی خاک هم به رشد خود ادامه دهد.

۶ ــ ۶ ــ ۲ ــ افزایش فعالیت‌های میکربی :

از آنجا که موجودات زنده ذره‌بینی میتوانند در تجزیه آفت‌کش‌ها ایفاگر نقش مهمی باشند، لذا بنظر میرسد که بتوان تجزیه آفت‌کش‌ها را از طریق اضافه کردن جانداران ذره‌بینی به خاک، تحریک رشد آنها با افزودن مودا مناسبی چون کمپوست بخاک و یا غرقاب کردن خاک جهت ایجاد شرائط غیرهوازی که مناسب فعالیت‌های میکربی است تسریع کرد. تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده است نشان میدهد که تجزیه د.د.ت در شرائط غرقابی و غیرهوازی سریعتر انجام شده و DDE یکی از مشتقات آنست تولید میگردد. ضمنا"، افزودن یونجه خرد شده که بعنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار خواهد گرفت می‌تواند بر شدت عمل تجزیه بیفزاید (۴۲). شرائط غرقابی تجزیه د.د.ت را تسریع می‌کند، ولی اگردر همین‌شرائط خاک‌را بوسیله کشت باکتری (Aerobactor aerogenes) تلقیح کنیم سرعت عمل تجزیه بیش از پیش شدت می‌یابد.

از مجموعه این آزمایشات چنین استنباط می‌شود که بکارگیری اینگونه‌تکنیک‌ها امکان‌پذیر است، ولی قبل‌از اینکه بعنوان یک راه حل عملی پذیرفته شوند لازمست که تحقیقات بیشتری در مورد آنها انجام شود.

۷ ــ ۶ ــ ۲ ــ گزینش مواد شیمیائی جدید :

مواد شیمیائی غیرپایدار متعددی را توانسته‌اند جایگزین حشره‌کش‌های پایدارسازند که‌معمولا" هم‌از آنهااستفاده می‌شود، منتها بعضی از آفات را نمی‌توان با مواد جایگزین شده کنترل نمود.

عده‌ای از محققین براین اعتقادند که ساختن موادی‌شبیه د.د.ت ودیگر حشره‌کشهاکه از پایداری کمتری برخوردار باشند و بتوانندبوسیله عوامل بیولوژیک تجزیه شوند کاملا" امکان‌پذیر است. ضمنا"، همین محققین با ارائه یک مدل از اکوسیستم نشان داده‌اند که مواد شیمیائی جدید در سطوح بالای زنجیره غذائی متمرکز نخواهند شد.

شواهد دیگرمبنی براینست‌که گروهی از دانشمندان کوشش دارند تا فرمهائی از د.د.ت بسازند که همراه با ماده افزاینده تجزیه باشد. تنها ایراد این روش اینست که ممکن است فعالیت مواد اضافه شده در شرائط حجم زیاد خاک متوقف گردد، ولی با اینحال ارزش اینرا دارد که مورد مطالعه و بررسی دقیقتری قرار گیرد.

۳ ــ نقش کودهای معدنی وآلی در آلودگی خاک:

اثرات سوء یا مفید کودها بر روی خاک از طریق تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و بیولوژیک آنها اعمال میگردد. بنابراین، برای اینکه کاربرد کودها بتواند موفق از کار درآید و نتایج مطلوبی بدنبال داشته باشد، بایستی قبلا" از کیفیت واکنش‌های احتمالی بین کودهای مختلف از یکطرف، و بین کود و خاک از طرف دیگر اطلاعات کافی در دست داشت و برآن اساس نوع، زمان و محل کاربرد کود را تعیین کرد. عدم توجه‌به این‌نکات دربکارگیری کودها، نه‌تنها ممکن‌است منجر به اختلال در رشدونمو نبات موردنظر گردد، بلکه احتمالا" موجبات‌آلودگی محیط، از نظر نباتاتی که در تناوب زراعی قرار گرفته‌اند، نیز فراهم خواهد شد.

۱ ــ ۳ ــ نقش کودهای معدنی در آلودگی خاک:

چون همانطوریکه قبلا" اشاره گردید، آلودگی خاک ناشی ازبکارگیری کودها ازطریق تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و بالاخره‌بیولوژیک خاک‌بوجود می‌آید، لذا بدوا" نقش کودهای شیمیائی در تغییر این خصوصیات بطور اجمال مورد مطالعه‌قرار

میگیرد.

۱ ــ ۱ــ ۳ ــ اثرکودهای‌معدنی درتغییرخصوصیات‌شیمیائی خاک:

بطور کلی کودهای معدنی از سه‌طریق خصوصیات شیمیائی خاک را تحت تأثیر قرار داده و آلودگی آنرا باعث می‌شوند:

ــ تغییر غلظت املاح

ــ تغییر PH

ــ ایجاد مسمومیت و کاهش در عناصر جزء

۱ ــ ۱ ــ ۱ ــ ۳ ــ تغییر غلظت املاح:

کاهش‌یا افزایش غلظت املاح‌محلول خاک ناشی از کاربرد کودهای‌شیمیائی باعث تغییر فشار اسمزی محلول خاک‌درحوالی ریشه نبات شده ودر شرائطی که‌میزان آن از ۰/۴ اتمسفر تجاوز کند رشد و نمو نبات بشدت کاهش می‌یابد (۴۳). بنابراین،در موقع استفاده از کودها بایستی به‌درجه انحلال آنها توجه‌داشت و با افزایش آن فاصله محل کاربرد تا بستر بذر را نیز افزایش داد. عدم توجه به این نکته، بویژه در شرائط‌کشت خطی ممکن است خساراتی بدنبال آورد. البته اگر کودهای محلول در محل مناسب و توأم با آهک یا ژیپس جهت ترسیب ترکیبات محلول بکارگرفته شوند می‌توان از آلودگی و خسارات احتمالی ناشی از آنها جلوگیری بعمل آورد.

در خاک عناصر غذائی بصورت املاح محلول در دسترس نبات قرار میگیرند، ولی در عین حال مقادیر زیاد املاح‌محلول رشد ونمو نباتی را متأثر و دچار اختلال‌می‌سازد و دراین‌شرائط خاک را شور می‌نامند (آلودگی).

۲ ــ ۱ ــ ۱ ــ ۳ ــ تغییر PH :

اثر کودهای‌شیمیائی در تغییرPHخاک را می‌توان بصورت زیر خلاصه کرد:

ــ کودهای پطاسه معمولی چون سولفات و نیترات پطاسیم تأثیر دیرپائی در اسیدیته خاک ندارند.

ــ سوپر فسفاتها نیز مانند کودهای پطاسه تأثیر پایداری در واکنش‌خاک نخواهند داشت، ولی ترکیبات بازی، پودراستخوان و سنگ فسفات تا حدودی می‌توانند اسیدیته خاک را خنثی سازند.

ــ تداوم کاربرد سولفات آمونیم در خاک، بویژه در غیاب کاتیونهای‌کلسیم و منیزیم‌کاهش PH راسبب می‌گردد. بنابراین، اگر در چنین خاکی قرار باشد که بعدا" شبدر کشت شود، مطمنا" موفق از کار در نخواهد آمد، زیرا اسیدیته بالای خاک مناسب کشت شبدر نبوده و نتیجتا" محیط موجود از نظر این نوع کشت آلوده بحساب می‌آید و بایستی از مواد آهکی در جهت خنثی‌سازی واکنش‌اسیدی خاک استفاده بعمل آورد. بکارگیری سولفات آمونیم درخاکهای اسیدی ممکن‌است همراه‌با کاهش‌فسفر و تولید مسمومیت بوسیله آلومینیم یا منگنز و یا هر دو آنها باشد.

ــ کلیه ترکیبات ازته که درصد ازت آنها زیاد باشد و در ترکیب آنها کاتیونهای فلزی شرکت نداشته باشند بدلیل نقش آنها درتغییر سریع اسیدیته خاک‌اهمیت می‌یابند و توأم باآنها بایستی آهک کافی جهت خنثی‌سازی اسیدیته حاصله بکار گرفته شود.

ــ کودهای ازته که در آنها ازت بفرم نیترات بوده و با بازهائی چون سدیم یا کلسیم ترکیب شده‌اند، در صورت کار ــ برد می‌توانند اسیدیته خاک را کاهش دهند. سیانامید کلسیم هم با اینکه ازت آن بفرم نیترات نمی‌باشد، ولی چون حامل مقدار نسبتا" زیادی آهک است می‌تواند در این گروه قرار گیرد.

۳ ـ ۱ ـ ۱ ـ ۳ ـ ایجادمسمومیت وکاهش در عناصرجزء:

بکارگیری بعضی از کودهای شیمیائی همراه با کاهش در میزان عناصر جزء خاک خواهد بود. بعنوان مثال، استفاده از کودهای‌فسفره ممکن‌است منجر به کمبود روی، مس و آهن گردد.

استفاده از سیانامید کلسیم بعنوان کود مگر اینکه مدتی قبل‌از کشت بکارگرفته شود ممکن‌است ایجاد مسمومیت کند. زیرا در این فاصله سیانامید کلسیم فرصت خواهد داشت که با عمل هیدرولیز تبدیل به آهک و اوره‌گردد و اثر سمی خود را از دست بدهد. از سیانامید کلسیم حتی درکشتن علفهای هرز و قبل‌از کشت نبات می‌توان استفاده بعمل آورد. کاربرد کود اوره نیز به علت اینکه ازت آمونیاکی در بردارد ممکن است همراه با ایجاد مسمومیت باشد. برای جلوگیری از این امر بایستی از بکارگیری توأم آنها با بذر اجتناب بعمل آید.

کودهای‌آمونیم (NH_4) و آمونیاکی(NH_3) در صورتیکه در نزدیکی نباتاتی که در حال جوانه زدن هستند بکار رود به دلیل افزایش PH در حوالی ذرات کود گاز NH_3 تولید کرده و نتیجتا" عمل‌جوانه زدن را دچار اختلال‌می‌سازد. البته، نباتات مختلف دارای واکنش متفاوتی در مقابل فشار بخار آمونیاک خواهند بود.

ازدیگر اثرات‌کودهای‌شیمیائی در تغییرخصوصیات‌شیمیائی خاک، می‌توان افزایش در ذخائر عناصر غذائی ازت، فسفر و پطاس نام‌برد. با اینکه‌کودها بدوا" در جهت تأمین نیازغذائی نبات و از طریق تکمیل و موازنه ذخائر غذائی خاک بکارگرفته شوند، ولی درصورت تداوم کاربردمنجربه افزایش ذخائرغذائی خاک‌میگردند و این امر درمورد فسفر بیشتر اهمیت پیدامی‌کند.

تجمع ازت وپطاسیم درخاک مگر درشرائط‌وجود مواد آلی زیاد مشکل چندانی را بوجود نمی‌آورد زیرا با عمل آبشوئی از دسترس خارج‌خواهند شد. ضمنا" ،لازم به یادآوریست که عمل تثبیت عناصر در خاک که مآلا" آبشوئی آنها را کاهش خواهد داد، نمی‌تواند بعنوان کیفیتی نامطلوب (آلودگی) بحساب آید، مگر اینکه کود مصرفی تا آنجا با خاک وارد واکنش شود که نبات نتواند از آن سودی ببرد.

۲ ـ ۱ ـ ۳ ـ اثرکودهای‌معدنی در تغییرخصوصیات فیزیکی خاک:

کیفیت‌خصوصیات‌فیزیکی‌خاک بیشتر بوسیله‌مقدار وطبیعت کلوئیدهای‌معدنی و میزان موادآلی محتوای‌خاک مشخص‌و تعیین میگردد.

کاربردکودهای معدنی‌نمی‌تواند درتغییر مقدارکلوئیدهای معدنی خاک تأثیری داشته باشد، ولی از طریق ایجاد نظام جدیدی در کاتیونهای تبادلی سطح کلوئیدی طبیعت شیمیائی آنها را شدیدا" تحت تأثیر قرار میدهد. لازم به یادآوریست که نوع و مقدارکاتیونهای تبادلی بنوبه‌خود در خصوصیات فیزیکی رس‌تاثیر زیادی اعمال‌می‌کند. بعنوان‌مثال، تداوم کاربردمقدار زیادی از نیترات سدیم ممکن است منجر به تغییر نامطلوب خصوصیات فیزیکی خاک گردد، زیرا نباتات رادیکال نیترات را درمقایسه با سدیم‌بیشتر جذب می‌کنند و نتیجتا" مقداری سدیم در خاک باقی می‌ماند که ضمن ترکیب با اسید کربنیک، کربنات سدیم را بوجود آورده و با تاثیر بر خاکدانه‌های خاک آنها را پراکنده می‌سازد. انجام این عمل منجر به کاهش حجم، خلل و فرج‌درشت (Macroporosity) و نفوذپذیری خاک خواهد شد.

یونهای‌کلسیم، منیزیم و پتاسیم با برخورداری از خاصیت عکس سدیم ذرات پراکنده خاک را بهم مرتبط ساخته (Floculation) و شرائط فیزیکی خاک را بهتر می‌سازند.

کودهای شیمیائی نیز از طریق تأثیر در میزان ماده آلی

خاک ممکن است شرائط فیزیکی خاک را تغییر دهند، زیرا کاربرد کود رشد و نمو نباتی را زیاد کرده و نتیجتا" با برگرداندن آنها بداخل خاک بمیزان زیادتری از مواد آلی دست خواهیم یافت.

۳ ـ ۱ ـ ۳ ـ اثر کودهای شیمیائی در تغییر خصوصیات بیولوژیک خاک:

از آنجا که بیشتر موجودات ذره‌بینی زنده خاک از گروه نباتی هستند، لذا اگر بگوئیم که آنها نیز در برابر کودهای ـ شیمیائی همانند نباتات عالی از خود واکنش نشان می دهند سخن بگزاف برفته است. کلیه جانداران ذره‌بینی Microorganisme خاک جهت فعالیت‌های سوخت و ساز (متابولیسم) و رشد و نمو خود چون گیاهان احتیاج به عناصر غذائی ازت، پطاسیم و فسفر دارند وکمبود این مواد می تواند کیفیت رشد و فعالیت متابولیک آنها را تغییر دهد. بنابراین، بجز بعضی از جانداران ذره‌بینی خاک که ازت مورد نیاز خود را از طریق هوا تأمین می‌کنند بقیه آنها در انجام فعالیت‌های متابولیک و رشد و نمو خود احتیاج به کودهای شیمیائی دارند.

کودهای شیمیائی که بخاک اضافه میگردند بدوا" مورد استفاده جانداران ذره‌بینی قرار میگیرند وبعد نباتات از مازاد برنیاز آنها احتیاجات غذائی خود را برطرف می سازند. حاصل این بهره‌گیری افزایش فعالیت‌های بیولوژیک خاک و ازآنجا تسریع در تجزیه و تخریب مواد آلی، افزایش آمونیفیکاسیون، نیتر ـ یفیکاسیون، تثبیت ازت و بالاخره افزایش مواد معدنی محلول خاک خواهد بود.

افزایش اسیدیته خاک حاصل از کاربرد کودهای شیمیائی یا تخریب ساختمان دانه‌ای خاک ممکن است منجر بکاهش فعالیت‌های بیولوژیک خاک گردد.

با توجه به آنچه گذشت می توان چنین نتیجه گرفت که در بیشتر موارد تأثیر مفید کودها در تغذیه نباتی بطور غیرمستقیم از طریق تأثیر آنها بر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک اعمال می‌شود.

۲ ـ ۳ ـ نقش ترکیبات معدنی مسموم کننده در آلودگی خاک

درسالهای اخیر آلودگی محیط و از آنجمله خاک حاصل از کاربرد معدودی از ترکیبات معدنی که حاوی جیوه، کادمیم، سرب ارسنیک، نیکل، مس، روی، منگانز، فلورین و بر می باشند مورد توجه قرار گرفته است. این عناصر کم و بیش برای انسان و دیگر جانداران خطر مسمومیت بدنبال دارند. از نظر درجه سمیت می توان آنها را بصورت زیر طبقه‌بندی کرد:

ـ ارسنیک و کادمیم بسیار سمی هستند.

ـ جیوه، سرب، نیکل و فلورین سمیت متوسط دارند.

ـ بر، مس، منگانز و روی نسبتا" سمی هستند.

۱ ـ ۲ ـ ۳ ـ منابع ترکیبات معدنی مسموم کننده

بکارگیری تکنولوژی مدرن از عوامل موءثر در بروز آلودگی محیط ناشی از کاربرد اینگونه ترکیبات بشمار می‌آید. در اثر سوزانیدن مواد نفتی و فعالیت کارخانجات ذوب فلز مقادیر زیادی از عناصر سمی وارد اتمسفر شده و پس از نشست بر روی نباتات اثرات سوء خود را بر روی آنها اعمال می‌کنند. ذرات پراکنده در هوا ممکن است فرسنگها نقل و انتقال یابند و بعد بر روی خاک یا نبات نشست نمایند و رشد و نمو نباتی را دچار اختلال سازند.

سرب از طریق احتراق بنزین در وسائط نقلیه موتوری و سوزانیدن زغال سنگ وارد اتمسفر می‌شود و در مواقع بارندگی و ریزش برف بر روی خاک نشست می‌کنند.

سوپرفسفاتها و سنگ‌آهک معمولا" دارای مقادیری‌ازکادمیم، مس، منگانز، نیکل و روی‌بوده و بکارگیری‌آنها ممکن است آلودگی خاک بدنبال داشته باشد. ارسنیک نه تنها قبل از جنگ جهانی دوم بعنوان حشره‌کش مورد استفاده قرار میگرفته است، بلکه از آن ببعد نیزمرتبا" در مبارزه با آفات‌مورد استفاده داشته است، منتها بدلیل پایداری دراز مدت آن در محیط سعی شده است‌که از آن کمتر استفاده بعمل آید.

فلزات‌سنگین اغلب در ترکیب قارچ کش‌های آلی، علف‌کش‌ها وحشره‌کش‌ها شرکت‌دارند واز اینطریق‌ممکن است آلودگی محیط راباعث‌شوند. فلزات‌سنگین درفاضل‌آب شهری‌وکارخانه‌ای نیز اندازه‌گیری شده‌اند.

بنابراین، موجودیت آنها در هوا باعث خواهد شد که به طریقی‌وارد زنجیره‌غذائی شوند و درنتیجه حیات انسان و دیگر موجودات زنده را بخطر بیندازند.

۲ ـ ۲ ـ ۳ ـ رفتار ترکیبات معدنی مسموم کننده درخاک

میزان عناصر سمی این ترکیبات در خاک و نبات متغیر بوده و غلظت آنها می‌تواند عامل مهمی در بررسی رفتار آنها بحساب آید.

از آنجا که فلزات سنگین چون روی، مس، منگانز و نیکل‌از خصوصیات مشابهی برخوردارند، لذا کیفیت آنها درخاک‌تحت یک‌گروه مورد بررسی قرار میگیرد، ولی دیگر عناصر بعلت تفاوت در ویژه‌گیها بطور جداگانه مطالعه و بررسی خواهند شد.

۱ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ ـ روی، مس، منگانز و نیکل :

واکنش‌این عناصر درخاک تحت تأثیر PH میزان مواد ـ آلی و شرائط‌اکسیداسیون و احیاء خاک خواهد بود. آزمایشات نشان داده است که این عناصر در شرائطی که PHخاک برابر ۶ و یا بیشتر باشد کمتر در دسترس گیاه قرار میگیرند، بویژه اینکه اگر در فرم اکسیده و با ظرفیت بزرگتر خود ظاهر شوند. بنابر‌این، مقدار زیادی از این عناصر در خاکهائی که PH آنها بالا بوده و از شرائط زهکشی‌خوبی برخوردار باشندنگهداشته خواهد شد. بعلاوه، تمایل‌کاتیونهای این‌عناصر به کیلاته شدن درحضور مواد آلی می‌تواند رفتار آنها را تحت تاثیر قرار دهد. قدرت نسبی کیلاته شدن این عناصر معمولا" بصورت زیر است (۴۴).

منگانز< روی < نیکل < مس

ضمنا" ، از آنجاکه آهن با شدت بیشتری در مقایسه با این عناصر جذب می‌شود، لذا وجود آن در فرم محلول تمایل این عناصر را به کیلاته شدن کاهش می‌دهد. ولی، چون در شرائط زهکش‌خوب و PH بالا احتمال‌اینکه آهن در فرم محلول‌و بمقدار زیاد وجودداشته باشد کم‌است، کیلاته‌شدن عناصرفوق با مشکل مواجه نخواهد شد.

۲ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ ـ کادمیم :

تا کنون کیفیت واکنش کادمیم در خاک آنطوری که باید و شاید مورد مطالعه قرار نگرفته است و لذا اطلاعات در این‌زمینه بسیار کم است. ولی، بعلت اینکه بین کادمیم و روی از نظر خصوصیات وجه تشابهی وجود دارد شاید بتوان گفت که ایندو در خاک از واکنشی یکسان برخوردار خواهند بود. با اینحال، برای اینکه کیفیت واقعی کادمیم در خاک روشن گردد احتیاج‌به انجام تحقیقات بیشتری خواهد بود.

۳ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ ـ جیوه :

کیفیت واکنش جیوه در خاک نیز همانند کادمیم چندان روشن نیست ولی بعضی از دانشمندان ضمن تحقیقات خود توانسته‌اند مقداری از این عنصر را در گونه‌های معینی از ماهی

اندازه‌گیری کنند. شاید علت امر را بتوان چنین توجیه کرد که در شرائطی از واکنش خاک، جیوه از فرم معدنی و غیرمحلول، که در دسترس موجودات زنده نخواهد بود، به فرم آلی که می‌تواند بسهولت نقل‌وانتقال پیداکند تغییر خواهد کرد. بنابران، جیوه فلزی ضمن واکنشی در بخش رسوبی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها به صورت اکسیده درمی‌آید وبعد جیوه دوظرفیتی بوسیله موجودات زنده ذره‌بینی به متیل مرکوری تبدیل می‌شود. متیل مرکوری در آب محلول بوده و می‌تواند بوسیله ماهیها جذب و وارد زنجیره غذائی گردد. واکنش‌های فوق رامی‌توان بصورت زیر نشان داد:

$$Hg^{\circ} \xrightarrow{[o]} Hg^{++}$$

متیل مرکوری

$$Hg^{++} \longrightarrow Ch \qquad Hg^{+}$$

دی متیل مرکوری

$$CH_3Hg \longrightarrow CH_3Hg\ CH_3$$

تبدیل متیل مرکوری به دی متیل مرکوری ضمن یک واکنش بیوشیمیائی انجام می‌شود (۴۴). ظاهرا" انجام واکنش بیو ـ شیمیائی در شرائط هوازی یا غیرهوازی امکان‌پذیر خواهد بود. بنابراین، متیل مرکوری همچنانکه بطرف سطوح بالای زنجیره غذائی حرکت می‌کند تجمع می‌یابد و در بعضی از ماهیها بحد ایجاد مسمومیت میرسد.

ترکیبات معدنی جیوه که بخاک اضافه می‌شوند سریعا" با ماده آلی و کانیهای رس وارد واکنش شده و ترکیبات نامحلول تولید می‌کنند که در دسترس نبات نخواهد بود. ولی، فرم نا ـ محلول می‌تواند ضمن احیاء به جیوه فلزی تبدیل شود و براساس واکنش‌هائی که مذکور افتاده به قسمت‌های دیگر محیط منتقل گردد.

۴ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ ـ سرب :

موجودیت سرب در هوا حاصل از سوخت بنزین دروسائط نقلیه موتوری و فعالیت کارخانجات ذوب فلز دانشمندان را بر آن داشته است که میزان آنرا در نبات و خاک مورد مطالعه قرار دهند. نتایج این تحقیقات گویای این واقعیت است که نباتات حاشیه‌شاهراهها بعلت ترافیک‌سنگین و در مقایسه با نباتات‌دور از شاهراهها دارای مقدار زیادتری از این عنصر می‌باشند. ولی، اینکه‌چقدر از این‌ماده بر روی نبات و چقدر بر روی خاک نشست می‌کند وبالاخره میزان‌جذب آن بوسیله نبات چقدر خواهد بود هنوز معلوم نشده است. البته، بعضی از محققین ضمن آزمایشات خود که در آن مقداری سرب به خاک زراعی اضافه نمودند وبعد میزان جذب را بوسیله نبات اندازه‌گیری کردند به این نتیجه رسیدندکه مقدار زیادی از سرب‌موجود در خاک در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد و نتیجتا" میزان جذب بوسیله نبات کم خواهد بود. سرب چون دیگر کاتیونهای فلزی سمی کاملا" در خاک غیر محلول‌است مخصوصا" درشرائطی که واکنش خاک چندان اسیدی نباشد. بعلاوه، در اندازه‌گیریها بیشترین مقدار سرب از سطح خاک بدست آمده است و این نشان می‌دهد که سرب چندان تحرکی نداشته و باعماق خاک منتقل نمی‌شود. بهرحال، برای اینکه میزان سربی که در دسترس گیاه قرار میگیرد و یا بوسیله آن‌جذب میگردد کاهش یابد کافیست که بخاک آهک داده شود. البته صحت یا سقم این امر با انجام تحقیقات بیشتری معلوم خواهد گردید (۴۴).

۵ ـ ۲ ـ ۲ ـ ۳ ـ ارسنیک :

کاربرد بیش از حد آفت‌کش‌های ارسنیک‌دار و در سالهای متمادی‌بویژه در باغات‌میوه منجر به تجمع تا حد سمیت آن در خاک‌شده است. مطالعات‌و بررسیهائی که در مورد کیفیت واکنش

ارسنیک درخاک و جذب آن بوسیله نبات انجام شده است.نشان میدهد که ارسنیک همانند فسفات در خاک عمل می‌کند و لذا میزان جذب آن بوسیله نبات چندان زیاد نخواهد بود. ولی، فرم‌آنیونی‌آن (ASO_4^{---}) بوسیله آهن هیدراته و اکسید آلومینیم جذب می‌شود و ارسنات تولیدی در مرحله تبادل آنیونی بوسیله فسفاتها جانشین میگردد. بنابراین، وجه تشابه ارسنات و فسفات از عوامل مهمی است که بایستی در مطالعات مربوط به ارسنیک مورد توجه قرار گیرد.

علیرغم ظرفیت و پتانسیلی‌که خاک در نگهداری ارسناتها دارد،کاربردارسناتها در یک‌دوره طولانی منجربه‌ایجاد مسمومیت برای نباتات حساس گردیده است.

اگرچه میزان ارسنیک موجود در نسوج نبات کشت شده در خاکی که در آن ارسنیات زیادی بکار رفته است در حدی نیست که‌حیوانات را مسموم سازد، ولی باعث خواهد شد که نبات رشد طبیعی خود را زدست بدهد.

سمیت حاصل از ارسنیک را می‌توان با بکارگیری سولفات آهن، روی یا آلومینیم در خاک تا حد زیادی کاهش داد. این عمل احیانا" منجر به تشکیل ارسنات غیرمحلول مشابه با آنچه با فسفاتها تشکیل می‌شود خواهد شد.

۶ــ۲ــ۲ــ۳ــ بُر:

آلودگی خاک بوسیله بر می‌تواند از طریق آب آبیاری که حاوی مقدار زیادی از این عنصرمی‌باشد و یا بکارگیری کود زیاد در خاک حاصل شود. گرچه بر می‌تواند بوسیله مواد آلی و رس جذب شود. ولی بازهم احتمال اینکه در دسترس گیاه قرار گیرد خواهد بود مگر اینکه PH خاک زیاد باشد. بر نسبتا" در خاک محلول بوده و می‌تواند از طریق آبشوئی از دسترس نبات خارج شود و مخصوصا" انجام این فرآیند در خاکهای شنی اسیدی با سهولت بیشتری صورت می‌پذیرد. ضمنا" ، سمیت حاصل از بر موضعی بوده و احتمالا" کمتر از کمبود آن اهمیت دارد (۴۴).

۷ــ۲ــ۲ــ۳ــ فلورین:

درنتیجه فعالیت بعضی‌از کارخانجات صنعتی بخارفلورید وارد اتمسفر گردیده و فلورین محتوای آن می‌تواند مستقیم و یا غیرمستقیم و ازطریق تغذیه نباتاتی‌که فلورین‌برروی آنهانشست کرده است وارد بدن حیوان گردد. چون فلورید موجود درخاک کاملا" غیرمحلول است، بنابراین اگر بوسیله خاک جذب گردد دسترسی نبات بآن محدود خواهد شد. ضمنا"، با اضافه کردن آهک‌بخاک می‌توان درجه‌انحلال فلورید را بحداقل خود کاهش داد.

۳ــ جلوگیری‌و محدودکردن آلودگی‌ناشی ازترکیبات غیرآلی سمی:

آلودگی‌ناشی ازترکیبات غیرآلی‌سمی را بدو روش می‌توان کاهش داد:

ــ عدم یا کاهش کاربرد آنها در خاک.

ــ مدیریت‌صحیح خاک و نبات در جهت ممانعت ازگردش بیشتر آنها.

۱ــ۳ــ۳ــ کاهش کاربرد در خاک

چون دود و گاز حاصل از فعالیت کارخانجات صنعتی و وسائط نقلیه‌موتوری‌حاوی مقدار زیادی ازاینگونه ترکیبات‌هستند و بداوا" آلودگی‌هوا را باعث می‌شوند و بعد از بارندگی به زمین می‌نشینند و آلودگی خاک را باعث می‌شوند، لذا قبل از هرچیز باید سعی شود که آلودگی هوا ناشی از این منابع بحداقل خود کاهش‌داده شود. ضمنا"، درکاربرد آفتکش‌ها، کودها، آب‌آبیاری

و فضولات‌جامد که حاوی‌اینگونه مواد هستند کاهش قطعی بوجود آید. بنابراین، تصمیم‌گیران بایستی توجه داشته باشند که اگر از آلودگی خاک بوسیله ترکیبات غیرآلی سمی جلوگیری‌بعمل نیاید، دراین شرائط‌این‌منبع باارزش‌طبیعی می‌تواند به‌نابودی کشانده شود.

۲ ــ ۳ ــ ۳ ــ کاهش در گردش:

مدیریت خاک و محصول می‌تواند بعنوان عاملی موءثر در کاهش دادن گردش دائمی این مواد بشمار آید. در اجرای‌این سیاست بایستی سعی بر آن باشد که موجبات نگهداری این مواد بوسیله خاک فراهم‌گردد و بوسیله نبات جذب نگردند، زیرا در اینصورت این‌مواد در خاک تجمع یافته و از انتقال آنها به‌نبات و از آنجا به حیوان یا انسان که بدان طریق مواد سمی اثرخود را اعمال می‌کنند جلوگیری بعمل خواهد آمد. برای انجام اینکار تکنیک‌های متعددی‌ارائه شده‌است که از آنجمله می‌توان افزایش PH خاک و اضافه کردن آهک بخاکهای اسیدی را نام برد، زیرا در شرائط PH زیاد این مواد تحرک کمی داشته و کمتر می‌توانند در دسترس‌نبات قرارگیرند و در شرائط اسیدی عمل آهک دادن این عدم تحرک را تسریع می‌سازد.

زهکشی خاکهای مرطوب نیز می‌تواند کاملا" موءثر افتد، چونکه در مورد عده‌ای از عناصر سمی اشکال اکسیده شده آنها آنها نسبت به اشکال احیائی کمتر محلول بوده و نتیجتا" کمتر در دسترس نبات قرار میگیرند. کاربرد فسفات زیاد دسترسی نبات را باین عناصر کاهش‌میدهد، منتها امکان دارد که بر روی ارسنیک که بشکل آنیونی در خاک یافت می‌شود اثر عکس داشته باشد. عمل آبشوئی می‌تواند بر زیادی موجود در خاک را نقل‌و انتقال دهد، اگرچه جابجائی بر و انتقال آن از خاک به آب که مآلا"آلودگی آنراباعث میشودممکنست منطقی و سودمند نباشد.

مواد سمی می‌توانندبوسیله نباتات‌ازخاک استخراج وجذب شوند و از این‌نظر گونه‌ها وحتی واریته‌های مختلف نباتی‌دارای استعدادهای متفاوتی هستند. البته، اگر نباتات خوراک‌انسان و حیوان را تشکیل می‌دهند بایستی از تجمع این مواد درآنها خودداری بعمل‌آید. بنابراین، نباتات‌علوفه‌ای بایستی‌درمرحله رشد کامل برداشت شوند، زیرا در این مرحله دارای‌حداقل‌مواد سمی می‌باشند.

از آنچه گذشت می‌توان به نقش مدیریت خاک و محصول در کاهش‌آلودگی ناشی از مواد سمی غیرآلی کاملا" پی‌برد وآنرا بعنوان عاملی کارآمد تلقی نمود.

۴ ــ آلودگی خاک ناشی از فضولات آلی:

پتانسیل‌آلودگی فضولات آلی اعم از اینکه خانگی،صنعتی یا روستائی باشند زیاد بوده و نتیجتا" می‌تواند بعنوان یکی از عوامل موءثر آلوده کننده منابع آب و خاک و در شرائطی هوا به شمار آیند.

درایالات‌متحده آمریکا میزان‌تولیدسالیانه‌فضولات‌مختلف بشرح زیر مورد تخمین قرار گرفته است:

ــ فضولات خانگی یک تن به ازاء هرنفر.

ــ فضولات صنعتی میلیونها تن.

ــ فضولات حیوانی ۲ بیلیون تن.

از جمع فضولات حیوانی $\frac{۲}{۳}$ آن در محل‌های تغذیه دام‌و واحدهای پراکنده تولیدات حیوانی که هزارها حیوان در این محلها نگهداری می‌شوند متمرکز گردیده است. آب حاصل از آبدویدگی در محلهای تغذیه دام محتوی مقدار زیادی موادآلی قابل‌تجزیه بوسیله فعالیت‌های‌میکربی ونیترات می‌باشد. ذخیره نیترات در سطح‌خاک محل تغذیه دام بیشتر از سطح خاک‌منطقه زراعی بوده و میزان آن در هر دومورد با عمق کاهش می‌یابد.

بنابراین، اگر چنین آبی به جریانات رودخانه‌ای بپیوندد و یا در دریاچه‌ها و دریاها واریز گردد آلودگی آب‌را باعث گردیده و حیات‌موجودات آبزی و ازآنجمله ماهیهارا بمخاطره‌می‌اندازد.

فضولات حیوانی می‌توانند در شرائط خشک و از طریق پراکندگی در هوا بوسیله جریان باد آلودگی هوا را نیز موجب شوند.

در نتیجه فعالیت بعضی از کارخانجات علاوه بر فضولات آلی مقدار زیادی نیز گاز آمونیاک تولید گشته و در فاصله‌زمانی کوتاهی بوی مشمئزکننده آنها تمام فضای اطراف را در برمیگیرد و نتیجتا" آلودگی هوا را باعث میگردند. بعلاوه، صرفنظر از آلودگی هوا ناشی از این عوامل روزانه مقادیر زیادی آمونیاک‌که از آن‌در ساختن‌بیشتر کودهای‌ازته استفاده بعمل‌می‌آید از دست میرود که این خود مسئله‌ایست حائز کمال اهمیت و درخور توجه البته، گاز آمونیاک حاصله ممکن است دوباره بوسیله خاکهای اطراف یابوسیله آب‌باران جذب و مآلا"از طریق جریانات سطحی به منابع مختلف آب ملحق گردد.

۱ ــ ۴ ــ موارد کاربرد فضولات آلی :

فضولات آلی می‌توانند در دو مورد زیرمورد استفاده قرار گیرند:

ــ اضافه‌کردن بخاکهای‌زراعی درجهت افزایش‌حاصلخیزی آنها.

ــ تخلیه و دفن آنها در خاکهای غیرزراعی.

هر دوروش مزایا ومعایبی دارند و بکارگیری‌آنها درشرائط بخصوص تابع عوامل اقتصادی و بیولوژیک می‌باشد.

۱ ــ ۱ ــ ۴ ــ استفاده از فضولات آلی در کشاورزی

مزایا :

تا قبل از عرضه کودهای شیمیائی در بازار کشاورزی از فضولات آلی در تقویت و حاصلخیزی خاک استفاده بعمل‌می‌آمد و یک‌کشاورزی موفق همیشه توأم با کاربرد کودهای حیوانی‌بوده است. بعلاوه، با اینکه‌با عرضه‌کودهای شیمیائی در بازارکودهای حیوانی‌اعتبار و اهمیت‌اولیه خود را از دست‌دادند، ولی‌شواهد موجود نشان می‌دهد که رشد و نمو نباتی در شرائط بکارگیری توأم کودهای شیمیائی و حیوانی بمراتب بیشتر از زمانیست که کودهای شیمیائی بتنهائی مورد استفاده قرار گیرند. علت امر را می‌توان به نقش دوگانه کودهای حیوانی نسبت داد. بدین معنا که، کودهای حیوانی علاوه بر اینکه خود حاوی مقدار کمی از عناصر غذائی مورد نیاز نباتات هستند، در بهسازی کیفیت فیزیکی‌خاک‌نیزایفاگر نقش‌مهمی بوده‌و شرائط رابرای‌فعالیت‌های میکربی خاک و جذب بیشتر عناصر غذائی موجود در کودهای شیمیائی بوسیله نبات بهتر می‌سازد.

آزمایشات متعدد مبنی براینست که بخش جامد فاضل آب کارخانجات حاوی مقادیر زیادی از عناصر تغذیه نباتی بوده و بهمین لحاظ از آنها در شرائط مناسب بعنوان کود استفاده‌بعمل می‌آید. ضمنا" ، دور ریزهای خرد شده بویژه از نوع کاغذ ممکن است دارای پتانسیل اصلاحی بوده و بتوان آنها را بعنوان مواد اصلاح کننده خاک بکار گرفت.

در مورد استفاده از فضولات آلی در کشاورزی بحث‌های زیادی شده است و همه بر این عقیده‌اند که می‌توانند بکارگرفته شوند و دو نقش مهم هم ایفا خواهند کرد:

ـ کمک به افزایش تولید.

ـ بهبود درازمدت حاصلخیز خاک.

بنابراین، در مواردی می‌توان آنها را در سطح خاک بکار گرفت و در فصول بحرانی سال به این وسیله از فرسایش خاک جلوگیری نمود. از جمله مواردی که می‌توان از کودهای حیوانی استفاده نمود که مقرون بصرفه هم باشد، بکارگیری آنها در زمینهای کشاورزی مجاور محل تغذیه حیوانات و پرورش طیور می‌باشد.

معایب:

اولین ایراد وارد بربکارگیری فضولات آلی درکشاورزی جنبه اقتصادی قضیه‌است، زیرا مگر در شرائطی که مزرعه نزدیک محل تجمع این مواد باشد هزینه حمل و نقل و کاربرد آنها از هزینه معادل کودهای شیمیائی بمراتب زیادتر خواهد شد، بویژه اینکه حجیم بودنشان باعث خواهدشد که درمواقع نقل و انتقال فضای زیادی را اشغال‌کنند. بعلاوه، فضولات آلی در مقایسه با کودهای معدنی دارای مواد غذائی کمتری بوده و نتیجتا" نمی‌توانند احتیاجات غذائی نبات را بطور کامل جوابگو باشند.

فضولات آلی و بویژه فضولات خانگی را نمی‌توان از نظر ترکیب به آنها اطمینان داشت، لذا اگر بدون آگاهی از کیفیت ترکیبی آنها و نیازغذائی نباتات مورداستفاده قرار گیرنداحتمال اینکه خساراتی ببار آورند زیاد خواهد بود. فضولاتی که دارای کربن زیاد هستند بهنگام تجزیه احتیاج به ازت اضافی خواهند داشت که خود هزینه ساز بوده و بر جمع هزینه افزوده خواهد شد.

کودهای مرغی دارای مقدار زیادی ازت و پطاسیم بوده و کاربرد آنها بایستی با توجه به این نکته و نیاز غذائی نبات و همچنین میزان عناصرمختلف غذائی موجود در خاک انجام شود والا ممکن‌است تغذیه نبات و حیوان را دچار اشکال سازد. کمبود منیزیم در شاخ و برگ درختانی که کود مرغی به آنها داده شده است از جمله این موارد است.

فضولات آلی بیشترکارخانجات (بخش جامد) اغلب حاوی فلزات سنگین و دیگر عناصر سمی می‌باشند. بنابراین، قبل از اینکه از آنها در کشاورزی و بعنوان کود استفاده بعمل آید، ضروریست که کمیت و کیفیت اجزاء متشکله آنها و نقشی که در تغذیه نباتی دارند مورد بررسی و در صورت لزوم تحت کنترل قرار گیرند. بعلاوه، چون فضولات جامد کارخانجات در شرائط غیرهوازی تولیدمیگردند، لذا ممکن است فلزات سنگین محتوای آنها احیاء گردیده و نتیجتا" پتانسیل آلودگیشان افزایش یابد. بعنوان مثال، می‌توان تولید متیل مرکوری را در این شرائط نام برد.

بنابراین، قبل‌از بکارگیری فضولات صنعتی درخاک، بایستی اطمینان حاصل کرد که آلودگی آنرا باعث نخواهند شد. دراین ارتباط، آزمایشات انجام شده نشان داده است که افزایش امکان مسمومیت ناشی از فلزات سنگین را تا حد زیادی کاهش خواهد داد.

فرض اینکه کلیه فضولات آلی می‌توانند در تقویت خاک و افزایش تولیدات زراعی بکار گرفته شوند ممکن‌است از نظرفیزیکی شیمیائی و بیولوژیک کاملا" منطقی باشد، ولی ملاحظه جنبه‌های اقتصادی، مانع انجام چنین کاری خواهد شد. بعنوان مثال می‌توان به شکست طرحهای تولید کمپوست از فضولات خانگی و در ارتباط با مسائل اقتصادی در اروپا اشاره کرد، همچنانکه در

موقعیت فعلی فقط جزء کوچکی از فضولات خانگی در ساختن کمپوست مورداستفاده قرارمیگیرد. بااینحال، ازآنجا که نمی توان جائی مناسبتر از خاک برای تخلیه فضولات مختلف اعم از شهری یا روستائی پیدا کرد و بعلاوه اضافه کردن آنها بخاک ارزانترین راه تخلیه آنهاست، لذا امکان اینکه در آینده بازهم جنبه اقتصادی قضیه مورد توجه قرار گیرد بسیار کم است.

۲ــ ۱ــ ۴ــ بکارگیری زمین بعنوان انبار فضولات آلی:

مزایائی که می توان برای بکارگیری خاک بعنوان انبار فضولات آلی برشمرد بشرح زیر است:

ــ ظرفیت پذیرش زیاد خاک برای موادی که به آن اضافه می‌شوند.

ــ تجزیه و تخریب بخشی از این مواد بوسیله فعالیتهای میکربی خاک.

ــ انجام واکنش بین بخش معدنی این مواد و خاک و مستقل از فعالیت میکربی و در نتیجه خروج آنها از چرخ بیولوژیک.

بهرحال بیشتر اقتصادی خواهد بود که خاک بعنوان انبار فضولات بکار رود تا اینکه باانجام کشاورزی بر روی آنها و تولید محصول بر بارموجود افزود، زیراخاک خودبخود محل انبار آنها خواهدبود. بعلاوه، وقتی کشاورزی مطرح نباشد، باتوجه به ظرفیت خاک مواد مختلف به آن اضافه می‌شود، در صورتیکه اگر کشت و زرع بدنبال داشته باشد بایستی به نیاز نبات هم توجه شود و در آنصورت فضولات بدلیل اختلاف در عناصر محتوای آنها انتخابی خواهند شد.

معایب:

این معایب را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

ــ آلودگی خاک‌ناشی از فلزات سنگین و دیگر عناصر سمی محتوای آنها.

ــ آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی ناشی از آبدویدگی سطحی و آبشوئی فضولات بویژه از نوع دارنده نیترات درمناطق مرطوب و نیمه مرطوب.

ــ آلودگی هوا ناشی از پراکندگی ذرات فضولات آلی در شرائط خشک.

ــ اشاعه بیماریهای مختلف بوسیله موجودات زنده میکربی فضولات آلی.

(27) E.P. Lichtenstein et al, J. econ. Ent; 55, 215, (1962).

(28) - D.W. Fletcher and W.B. Bollen, Appl. Microbiol; 2, 349 (1954).

(29) R.J. Baker, J. Wildl. Mgmt; 22, 269 (1958).

(30) I.J. Graham-Bryce, Proc. 1st. Int. Cong. Pollut; Eng. Sci. Sol. Tel Aviv. Plenum Press, London and New York (1972).

(31) J.H. Caro and A.W. Taylor, J. agric. Fd.Chem; 19, 379 (1971).

(32) C.P. Lloyd. Jones, Nature (Lond.), 229, 65 (1971).

(33) C.A. Edwards et al, Pestic. Sci. 1, 169, (1971).

(34) M.C. Bowman et al, J. Agric. Fd. Chem; 13, 360 (1965).

(35) A.R. Thompson et al, Pestic. Sci; 1, 174 (1971).

(36) L.W. Getzin and Rosefield, J. agric. Fd. Chem; 16, 598, (1968).

(37) F. Korte et al, Liebigs Ann. Chem; 656, 135, (1962).

(38) G.M. Tu et al, Life Sciences, 7, 311 (1968).

(39) G.C. Decker et al, J. econ. Ent; 59, 266 (1965).

(40) E.P. Lichtenstein et al, J. econ. Ent; 54, 517, (1961).

(41) J.B. Kring and J.F. Ahrens, Am. Potato J; 45, 405 (1968).

(42) W.D. Guenzi and W.E. Beard, Soil Sci. Soc. Am. Proc; 31, 644. (1967)

(43) M. Fried and H. Broechart, The Soil-Plant System, P. 242 (1967).

(44) Nyle C. Brady, The Nature and Properties of Soils, 8th edition, pp. 563-6 (1974).

فهرست منابع مورد استفاده

(1) - C.A. Edwards, Environ. Pollution by Pesticides, P. 2 (1973).

(2) The Fifth Annual Report of the Council on "Environ. Quality P. 319, U.S.A. (1974)

(۳) ـ مطالعات مقدماتی طرح جامع حفظ نباتات ، گزارش مرحله اول ،جلدچهارم ، موسسه مهندسین مشاور طالقانی ـ دفتری ـ اسفند ماه ۲۵۳۳ .

(4) C.A. Edwards, Environ. Pollution by Pesticides, P. 3 (1973).

(5) Edward J. Kormondy, Concep of Ecology, P.180 (1969).

(6) H.O. Buckman and N.C. Brady, The Nature and Properties of Soils, 7th edition, P. 581 (1973)

(۷) مطالعات مقدماتی طرح جامع حفظ نباتات ، گزارش مرحله اول ، جلد اول ، موسسه مهندسین مشاور طالقانی ـ دفتری ـ اسفند ماه ۲۵۳۳ .

(8) G.B. Weirsma et al. Pestic. Monit. J; 5, 223 (1971)

(9) C.R. Harris and W.W. Sans, Pestic. Moint. J:5,259, (1971).

(10) E.A. Wolson et al, Soil Sci. Soc. Am. Proc.; 35 938, (1971).

(11) L.J. Stevens et al, Pestic. Monit. J; 4, 145 (1970).

(12) J.E. Fahey et al, J. econ. Ent; 58, 1025 (1955).

(13) - G.A. Wheately and J.A. Hardman, Nature (Lond.), 207, 486, (1965).

(14) - C.A. Edwards, Critical Rev. in Environ. Contrc 1, chem. Rubber Co., U.S.A. (1970).

(15) J.A. Onsager et al, J. econ. Ent; 63, 1143, (197(

(16) C.A. Harris, J. econ. Ent.; 54, 1038 (1961).

(17) C.A. Edwards, Res. Rev; 13, 83 (1966).

(18) F. Barlow and A.B. Hadaway, Bull. Ent. Res.; 46, 547 (1955).

(19) A.B. Hadaway and F. Barlow, Bull. ent. Res; 40, 323 (1949).

(20) - I.H. Wiese, S. Afr. J. agric. Sci; 7,823 (1964)

(21) C.A. Edwards et al, J. econ. Ent; 50, 622 (1957)

(22) G.W. Bailey and J.L. White, J. Agric. Fd. Chem; 12,324 (1964).

(23) M.A. Abdellatif et al, J. econ. Ent; 60, 1445 (1967).

(24) W.B. Bollen et al., J. econ. Ent; 51, 214 (1958)

(25) W.G. Downs, Science, N.Y.: 114, 259 (1951).

(26) E.P. Lichtenstein et al, J. econ. Ent; 52124 (1959).