

# آلودگی شیمیائی خاک

مهندس هوشنگ مهران

## مقدمه

### ۱- آلودگی چیست ؟

- ۱-۱- تعاریف
  - ۱-۲- مفهوم جامع آلودگی - طبیعت آلوده‌کننده‌ها و رابطه آنها با تولید و مصرف
  - ۲- ضرورت بررسی آلودگی خاک ناشی از کاربرد آفت‌کش‌ها
    - ۱-۲-۱- میزان پس ماند آفت‌کش‌ها در خاک
    - ۱-۲-۱-۱- میزان پس ماند آفت‌کش‌ها در باغات میوه
    - ۱-۲-۱-۲- میزان پس ماند آفت‌کش‌ها در خاکهای زراعی
    - ۱-۲-۱-۳- میزان پس ماند آفت‌کش‌ها در دیگر خاکها
    - ۲-۲- منابع پس ماند آفت‌کش‌ها در خاک
      - ۱-۲-۲-۱- پس ماند آفت‌کش‌ها حاصل از کاربرد مستقیم آنها در خاک
      - ۲-۲-۲- پس ماند آفت‌کش‌ها حاصل از سم پاشی و برگشت ذرات معلق به خاک
      - ۲-۲-۳- پس مانده آفت‌کش‌ها حاصل از آب باران و گرد و غبار موجود در هوا
      - ۲-۲-۴- پس ماند آفت‌کش‌ها حاصل از بقایای نباتی و حیوانی موجود در خاک
- ۳-۲- عوامل موثر در پایداری حشره‌کش‌ها در خاک
    - ۱-۳-۲- طبیعت شیمیائی حشره‌کش‌ها
    - ۲-۳-۲- نوع خاک
    - ۳-۳-۲- میزان موالد آلی
    - ۴-۳-۲- میزان رس
    - ۵-۳-۲- اسیدیته خاک
    - ۶-۳-۲- یون‌های معدنی
    - ۷-۳-۲- درجه حرارت
    - ۸-۳-۲- رطوبت خاک
    - ۹-۳-۲- پوشش نباتی
    - ۱۰-۳-۲- شخم
  - ۴-۲- خطرات ناشی از پس ماند آفت‌کش‌ها در خاک
    - ۱-۴-۲- اثر پس ماند آفت‌کش‌ها بر روی موجودات زنده ذره‌بینی خاک
    - ۲-۴-۲- اثر پس ماند آفت‌کش‌ها بر روی حیوانات خاکزی
    - ۳-۴-۲- ورود در زنجیره غذایی

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

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

۳-۲-۱- منابع ترکیبات معدنی مسموم کننده

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

۳-۲-۲-۱- روی، مس، منگنز و نیکل

۳-۲-۲-۲- کادمیم

۳-۲-۲-۳- جیوه

۳-۲-۲-۴- سرب

۳-۲-۲-۵- آرسنیک

۳-۲-۲-۶- بُر

۳-۲-۲-۷- فلورین

۳-۳-۳- جلوگیری و محدود کردن آلودگی ناشی از

ترکیبات غیر آلی سمی

۳-۳-۱- کاهش کاربرد در خاک

۳-۳-۲- کاهش در گردش

۴- آلودگی خاک ناشی از فضولات آلی

۴-۱- موارد کاربرد فضولات آلی

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

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

۴-۴-۲- اثرات نیمه‌حیاتی پس ماند آفت‌کش‌ها بر روی حیوانات خاکزی

۴-۴-۵- اثر پس‌ماند آفت‌کش‌ها بر روی رشد و نمو نباتی

۴-۵-۲- کیفیت و راه‌های خروج پس‌ماند آفت‌کش‌ها از خاک

۴-۵-۱- فرار از خاک (بخار شدن)

۴-۵-۲- آبشویی و آبدویدگی

۴-۵-۳- تجزیه میکربی

۴-۵-۴- سایر تلفات

۴-۶-۲- کاهش پس‌ماند آفت‌کش‌ها در خاک

۴-۶-۱- روش‌های کاربرد

۴-۶-۲- اعمال قانون

۴-۶-۳- شخم

۴-۶-۴- آبیاری غرقابی

۴-۶-۵- اضافه کردن مواد شیمیائی

۴-۶-۶- افزایش فعالیت‌های میکربی

۴-۶-۷- گزینش مواد شیمیائی جدید

۳- نقش کودهای معدنی و آلی در آلودگی خاک

۳-۱- نقش کودهای معدنی در آلودگی خاک

۳-۱-۱- اثر کودهای معدنی در تغییر خصوصیات شیمیائی

خاک

۳-۱-۱-۱- تغییر غلظت املاح

۳-۱-۱-۲- تغییر PH

۳-۱-۱-۳- ایجاد مسمومیت و کاهش

در عناصر جزء

۳-۱-۲- اثر کودهای معدنی در تغییر

خصوصیات فیزیکی خاک

## مقدمه

نگاهی به تاریخچه استفاده از ترکیبات شیمیایی آلی پایدار در دفع آفات و عوامل بیماریزای نباتی و حیوانی گویای این حقیقت است که بکارگیری آنها در کنترل بیماریهای انسانی چون مالاریا و تیفوس از یکطرف و کنترل آفات و بیماریهای نباتی از طرف دیگر توانسته است میلیونها انسان را از خطر مرگ و گرسنگی نجات بخشد. آمار و ارقام موجود نشان می دهد که علیرغم استفاده از آفت کشها در حفظ نباتات و تولیدات زراعی هنوز در آمریکا سالیانه معادل چهار میلیارد دلار به محصولات کشاورزی زیان وارد میشود و این رقم در مقیاس جهانی حدود بیست و یک میلیارد دلار گزارش شده است (۱). با اینحال در سالهای اخیر توجه به کیفیت محیط زیست موجب شده است که کاربرد آفت کشها در ارتباط با اثر سوء آنها مورد دقت قرار گیرد. در این رهگذر توجه اکولوژیست ها بیش از سایرین باین مسئله جلب می شود و ضمن مطالعات خود باین واقعیت دست میابند که حشره کشهای 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 آفت کشها می توانند آلودگی محیط را باعث شوند.

بدنبال کشف این حقیقت که کاربرد حشره کشهای پایدار منجر به پراکندگی آنها در بخشهای مختلف بیوسفر گردیده و حیات موجودات زنده را بخطر می اندازد موج اعتراض نسبت به

استعمال این ترکیبات شیمیایی بالا گرفت، تا بدانجا که در بیشتر کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی قانون منع یا محدودیت در مصرف این مواد بمرحله اجرا گذاشته شد.

علیرغم تمام محدودیتهایی که در مصرف سموم پایدار به وجود آمده است، نه تنها در جمع کل تولید آفت کشهای شیمیایی کاهشی پیدا نشده بلکه هر سال نیز بر میزان آن افزوده شده است. در ایالات متحده آمریکا تولید سالیانه آفت کشها از ۱۵۰ هزار تن در سال ۱۹۵۴ به بیش از ۵۷۰ هزار تن در سال ۱۹۷۳ رسیده است (۲).

کشور ایران هم از این افزایش مصرف بدور نبوده و با استثنای سال ۱۳۴۶ که میزان واردات سموم بعلت بروز شدید گرم خاردار پنبه در سال ۱۳۴۵ بمقداری معادل ۵۷۵۰ تن بالغ گردید. روند افزایش مصرف نشان میدهد که واردات و مصرف سموم مختلف بطور کلی رو بغزونی بوده است و از ۱۵۰۰ تن ماده موثر در سال ۱۳۴۷ به ۳۳۰۰ تن در سال ۱۳۵۲ رسیده است (۳).

از مقدار کل سموم تولیدی سال ۱۹۷۳ آمریکا حدود ۱۴۰۰۰۰ تن به سموم کلره اختصاص دارد (۴)، در صورتیکه در این سال کمی کمتر از نصف سموم وارداتی ایران یعنی حدود ۱۳۸۸ تن را سموم کلره تشکیل میداده و این نشان میدهد که مصرف سموم کلره در ایران مرتباً "رو با افزایش بوده است". در کشورهای اروپایی و آمریکا این روند بکلی تغییر یافته و سالیانه از مصرف اینگونه سموم بدلیل مشکلات زیست محیطی کاسته می شود و در عوض بمصرف علف کشها که از درجه پایداری کمتری برخوردارند افزوده میگردد. با اینحال هنوز هم با توجه به مصرف سموم کلره در سایر کشورها جمع کل مصرف آنها در سال رقم بالایی را نشان میدهد و این امر موجبات نگرانی اکولوژیستها را فراهم ساخته و برای آنها جای هیچگونه تردید باقی نمانده است که سموم کلره پایدار بویژه د. د. ت (دی کلور دی فنیل تری کلرواتان) و تا حد کمتری دیلدترین (از گروه حشره کشهای

کلروسیکلودین) از آلوده‌کننده‌های درازمدت و اساسی محیط زیست منجمله خاک بوده ، و باین علت باید در روشهای دفع آفات نباتی تجدید نظر کلی بوجود آید .

یکی از صاحب نظران ادعا کرده است که در صورت نمونه‌گیری از بخشهای مختلف بیوسفر و انجام آزمایشات دقیق بر روی آنها میتوان مقادیر قابل سنجشی از د. د. ت. و همچنین مقدار کمی از دیگر سموم مصرفی را در آنها اندازه‌گیری نمود

در بعضی از کشورهای پیشرفته تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌های اندازه‌گیری پس ماند سموم دفع آفات نباتی در آب ، هوا ، خاک و بالاخره موجودات زنده در دست اجرا است و تا بدینجا نتایج تحقیقات در جهت امکان حل مسئله خطرات ناشی از پس ماند سموم در محیط امیدوارکننده بوده است . البته ارزیابی اساسی خطرات حاصله از سموم بدون آگاهی از کیفیت و کمیت آنها در بخشهای مختلف بیوسفر اعم از اینکه مورد سمپاشی قرار گرفته یا نگرفته باشند از یکطرف و نقل و انتقال آنها در سطح جهانی از طرف دیگر ، امکان پذیر نخواهد بود . ضمناً تذکر این نکته مهم لازم است که تنها با آگاهی از وجود سموم در محیط نمیتوان مشکلات مربوط بآنها را از میان برداشت مگر اینکه در مرحله دوم تحقیقات اهمیت این موجودیت دقیقاً مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد . البته تحقیقات مرحله اول که موجودیت سموم را در محیط با ثبات می‌رساند در سطح جهانی شروع شده است و به نتایج مطلوبی که موعید آن باشد دست یافته‌اند ولی مرحله دوم که ارزیابی اهمیت این موجودیت را دنبال میکند هنوز به آن درجه از تکامل نرسیده و در مقایسه با مرحله اول اطلاعات کافی بدست نمی‌دهد و شاید از طریق همکاریهای بین‌المللی بتوان اطلاعات مرحله دوم تحقیقات را بدرجه تکامل خود رساند .

نکته مهم دیگری که بایستی بآن اشاره شود این است که گروهی معتقدند که سموم نباتی تعادل طبیعت را بهم میزنند و به همین

لحاظ به منع مصرف آنها نظر داده‌اند . در این مورد بایستی یاد آور شد که این نظر قابل قبول نبوده و این خود انسان است که با اراده خود و استفاده بی‌رویه از این مواد موجبات این عدم تعادل را می‌تواند فراهم آورد . ضمناً ایجاد رابطه بین سموم نباتی و اجزاء اکوسیستم هادر حالتی خاص قابل نتیجه‌گیری و تعمیم نبوده و تنها بدلیل اینکه یکی از حشره‌کشهای کلره در شرایطی مشکلات یا خساراتی ببار آورده است ، نمیتوان نظر به منبع مصرف برای کلیه حشره‌کشهای کلره داد ، زیرا در موارد الزام خواهیم داشت که آنها را با تمام خطرات احتمالی که بدنبال خواهند داشت در جهت حفظ منافع بشر بکارگیریم . بنابراین ، منع مصرف بی‌دلیل سموم بهمان اندازه نامعقول بنظر میرسد که مصرف بی‌رویه و بیش از حد آنها .

از آنجا که خطرات اکولوژیک کاربرد سموم شناخته و مسلم گردیده است ، لذا تحقیقات دامنه‌داری در جهت امکان کارآئی و بکارگیری دیگر روشهای مبارزه در حفظ نباتات و تولیدات زراعی چون کنترل بیولوژیک ، استفاده از هورمونهای حشرات ، عقیم‌کننده‌های شیمیائی ، جذب و دورکننده‌های حشرات در کشورهای مختلف در دست انجام است . ولی ، با اینکه نتایج بکارگیری بعضی از این روشها کاملاً "موفقیت آمیز بوده باز هم در سالهای آتی بمقادیر زیادی از آفت کشها نیاز خواهیم داشت .

بنظر میرسد که راه حل نهائی مسائل محیطی آفت‌کشها برقراری یک نوع سازش از طریق کاهش در میزان مصرف و بکارگیری توام آنها با دیگر روشهای مبارزه در جهت بحداقل رساندن اثر آلوده‌کنندگی آنهاست . ضمناً ، همزمان با اجرای این سیاست بایستی خطرات ناشی از کاربرد این مواد مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد .

در این گزارش نتایج حاصل از تحقیقاتی که در زمینه‌های منابع پس‌ماند آفت‌کشها در خاک ، میزان پس‌ماند آفت‌کشها در

خاک ، گریز آفت کشها از خاک ، عوامل موثر در پایداری آفت کشها در خاک ، خطرات ناشی از پس ماند آفت کشها در خاک و بالاخره کاهش پس ماند آفت کشها در خاک انجام گرفته است مورد تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری قرار خواهد گرفت و بر اساس آن پیشنهادات لازم در انطباق با شرایط ایران ارائه خواهد شد. ضمناً ، در پایان دیگر عوامل آلوده کننده خاک نظیر کودهای آلی و معدنی با جمال مورد بحث قرار گرفته است .

آلودگی و همچنین کیفیت عامل آلوده کننده دارد. بعنوان مثال اگر آلودگی از طریق اختلاط و تماس بوجود آمده باشد، چون آلودگی آب بوسیله زهکش سطحی، از ترم **To Contaminate** و اگر از طریق عفونت و فساد، چون آلودگی هوا بوسیله مواد فاسد از ترم **To Taint** استفاده بعمل می آید. ضمناً "رابطه ترمهای چهارگانه را از نظر بیان شدت آلودگی میتوان بصورت زیر نشان داد:

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.

ضمناً" اشاره به این نکته ضروریست که کلیه کسانی که در زمینه خاص از آلودگی کار میکنند بایستی مطالعات خود را بر پایه تعریفی واحد از آلودگی انجام دهند زیرا در غیر این صورت نتایج حاصل از تحقیقات که در زمینه ای یکسان و با تعریفی متفاوت انجام شده قابل مقایسه و نتیجه گیری نخواهند بود و تجزیه و تحلیل سبائی 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 آنجا که کلیه فعالیتها در جهت حل مشکلات زیست محیطی بایستی با تشریک مساعی عموم همراه باشد تا بتوان با آنها مقابله نمود، لذا آشنائی همگان با مفهوم "آلودگی" و بصورت یکسان ضروری خواهد بود زیرا برداشتهای متفاوت و عدم همزبانی موجب خواهد شد که کیفیت مسئله برای آنها یکسان ایفاگر نقشی موثر در حل آن خواهند بود روشن نبوده و پیچیده جلوه نماید.

## ۱- آلودگی چیست

### ۱-۱- تعاریف Terminology

برای اینکه بتوان مسئله آلودگی را در مورد سیستمهای مختلف محیطی بهتر و دقیقتر مورد مذاقه و بررسی قرار داد آشنائی با مفاهیم مختلف آلودگی و تعریفی که برای آنها شده است کاملاً ضروری خواهد بود.

در زبان انگلیسی ترمهای مختلفی برای بیان "آلودگی" بکار گرفته میشوند. ولی با اینکه همگی آنها مفهوم کلی "آلودگی" را میرساند مورد استفاده متفاوت داشته و هر یک مبین کیفیت خاصی از آلودگی میباشد. برای آشنائی با اینگونه ترمها ذیلاً 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 را میرسانند، منتها بکارگیری آنها بستگی به شدت و نحوه

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

آلودگی بمفهومی که مورد نظر است عبارت از هرگونه 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 جز محصولات جنبی یا فرعی فعالیت‌های انسان نبوده و نتیجتاً شامل پس‌ماند چیزهایی میشود که میسازد، مصرف میکند و یا بدور میریزد. بعلاوه، بهمان اندازه که تولید در زمین‌های مختلف اعم از صنعت یا کشاورزی افزایش یابد میزان پس‌ماند حاصل از این فعالیتها نیز فزونی خواهد یافت و یا بعبارت دیگر آلوده‌کننده‌ها از همراهان همیشگی و لاینفک جوامع پیشرفته که تکنولوژی مدرن را در خدمت خود دارند بشمار می‌آیند.

بنابراین، افزایش جمعیت و درآمد سرانه از یکطرف و پیشرفت تکنولوژی و بالابودن استاندارد زندگی از طرف دیگر از عوامل مهم افزایش آلوده‌کننده‌ها 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 تصویری بیش‌نبوده و از همراهان دائمی ما تا پایان زندگی خواهند بود. از طرف دیگر، این آلوده‌کننده‌ها در ارتباط با مسائل اکولوژیک و زیست‌محیطی مشکلاتی را موجب شده و شرائط محیط را برای زندگی انسان نامطلوب میسازند که بایستی برای مقابله با آنها راه حلی پیدا کرد، و این امکان پذیر 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 بر اینکه سیکل بیوژنیک لازمه و وابسته نظام و دینامیک اکوسیستم هاست کمک گرفت (۵).

با استفاده از سیکل بیوژنیک که اصول آن برپایه بکارگیری فضولات و پس‌ماند حاصل از تولید و مصرف برگرداندن آنها به سیستم برای ذخیره یا بهره‌گیری دوباره گذاشته شده است میتوان میزان آلوده‌کننده‌ها را بحداقل خود کاهش داد و در عین حال اثرات سوء آنها را بر محیط و در ارتباط با مسائل اکولوژیک مورد مطالعه و بررسی قرار داد.

## ۲- ضرورت بررسی آلودگی خاک ناشی از کاربرد آفت‌کشها

رشد سریع جمعیت، افزایش درآمد سرانه و بهبود سطح زندگی، همه از عوامل افزایش تقاضا برای مواد غذایی بیشتر و بهتر بشمار می‌آیند و روبرویی با چنین شرایطی ایجاب میکند که خود را برای جوابگوئی باین نیاز آماده سازیم. بر این اساس و با توجه باینکه کشورهای توسعه یافته جهان صنعتی اکثریت قریب باتفاق زمینهای زراعی 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 بدلیل ضعف بنیه مالی و عدم دسترسی به تکنولوژی مدرن، بلا مصرف مانده است و در صورت رفع این مشکلات قادر خواهد بود که بسطح زیر کشت خود بیفزایند. پس، تدارک مواد غذایی مورد نیاز رشد فعلی جمعیت از یکطرف باید از طریق به کارگیری سیستم کشاورزی متمرکز که اصول آن برپایه مدیریت صحیح و معقول آب و خاک و حفاظت زراعی و در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح گذاشته شده است انجام گیرد و از طرف دیگر چون جمعیت کشورهای در حال توسعه هر ۱۷ تا ۲۸ سال بدو برابر افزایش مییابد 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 این خسارات جلوگیری بعمل آید. ولی، از طرف دیگر مطالعه روی اثرات سوء سموم نباتی نشان داده است که بعضی از آفت‌کشاها چون حشره‌کشهای آلی کلره بدلیل پایداریشان در خاک نه تنها ممکن است محیط را برای نباتاتی که در تناوب زراعی وارد میشوند نامطلوب سازند، بلکه ممکن است از طریق نقل و انتقال، جذب در انساج چربی و بالاخره ورود به زنجیره غذایی موجودات آلودگی بخشهای مختلف بیوسفر را فراهم سازند و حیات انسان و دیگر جانداران را بمخاطره اندازند. بنابراین، ضرورت دارد که نقش آفت‌کشاها در آلودگی خاک مورد بررسی و مطالعه دقیق قرارگیرد.

در مناطقی که بمیزان زیاد بکارگرفته شده بودند نیز گزارش شده است (۹).

گزارشات موجود نشان میدهد که کلیه خاکهای مورد آزمایش تا ۱۰ ppm آرسنیک داشته‌اند ولی میزان آرسنیک موجود در خاک باغات میوه بمراتب بیشتر از این مقدار بوده و تا ۸۳۰ ppm اندازه‌گیری شده است (۱۰).

از مجموعه تحقیقاتی که در مورد پس‌ماند د.د.ت در خاک 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 دیلدترین (dieldrin) اندازه‌گیری شده است. میزان دیلدترین و د.د.ت موجود در نمونه‌ها اختلاف چندانی نشان نداده‌اند ولی تعداد نمونه‌هایی که دیلدترین داشته‌اند بمراتب بیشتر از نمونه‌هایی بوده است که در آنها د.د.ت وجود داشته است. البته این موضوع نباید موجب عدم توجه بوجود دیلدترین در خاک شود.

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

باقید احتیاط شاید بتوان گفت که تنها دلیل زیادی پس‌ماند د.د.ت و دیلدترین در خاک‌های کشاورزی و مناطق جنگلی استفاده بی‌رویه و نامعقول از این دو بوده است، بویژه اینکه بارها مشاهده شده است که بخاطر اطمینان و ترس از وجود آفت مبادرت به سمپاشی شده است در صورتیکه هرگز آفتی در کار نبوده است.

۱- ۲- میزان پس‌ماند آفت‌کشاها در باغات میوه:  
در بیشتر باغات میوه میزان پس‌ماند د.د.ت را تا ۲۴۵ ppm

۱- ۲- میزان پس‌ماند آفت‌کشاها در خاک  
شواهد و منابع موجود نشان میدهد که مگر در موارد استثنائی پس‌ماند آفت‌کشهای جستجو شده در خاک یا مربوط به ترکیبات شیمیائی معدنی پایدار چون آرسنیک، مس یا سرب بوده که تا قبل از جنگ دوم جهانی از آنها بعنوان حشره‌کش یا قارچ‌کش استفاده بعمل می‌آمده است و یا مربوط به هیدروکربنهای کلره پایدار است که بعد از جنگ کشف و مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۸). ضمناً، وجود پس‌ماند معدودی از حشره‌کشهای آلی فسفره

که معادل ۵۵۰ کیلوگرم در هکتار میباشد اندازه‌گیری شده است (۱۱). علت فزونی پس‌ماند د.د.ت در باغات میوه 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 درمقایسه با د.د.ت کمتر بوده و در این مورد بخصوص اختلاف پس‌ماند آنها در باغات و مزارع چندان زیاد نمیشود.

**۲-۲-۲- میزان پس‌ماند آفت‌کشها در خاکهای زراعی:**  
اگرچه در بعضی 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 نیز به نوبه خود نسبت به خاکهای دیگر دارای مقدار بیشتری از دیگر حشره‌کشهای آلی کلره بویژه دیلدترین و کلردان (Chlordane) میباشد و نتایج تجزیه نمونه‌های خاک نشان داده است که پس‌ماند حشره‌کشهای آلی کلره در اینگونه خاکها نیز زیاد است.

**۳-۱-۲- میزان پس‌ماند آفت‌کشها در دیگر خاکها:**  
با اینکه مقادیر زیادی از د.د.ت در خاکهای زیر پوشش نباتات مرتعی اندازه‌گیری شده است (۱۲)، ولی اطلاعات پراکنده حاکی براینست که این مقدار معمولاً کمتر از میزان موجود در خاکهای زراعی است. ضمناً، 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 شیمیایی را اندازه‌گیری کنند، ولی شواهدی مبنی بر وجود پس‌ماند دیگر ترکیبات آلی کلره بدست داده نشده است (۱۲).  
موجودیت د.د.ت در مناطقی که مورد سمپاشی قرار نگرفته‌اند

میتوان به عمل جذب د.د.ت در سطح ذرات خاک و نقل و - انتقال آنها از طریق فرسایش بادی نسبت داد. در مناطق زیر پوشش نباتات علفی که در آنها نیز حشره - کشی بکار گرفته نشده بود مقداری از پس‌ماند حشره‌کشهای مقاوم اندازه‌گیری شده است. از مقادیر اندازه‌گیری شده میتوان میزان اینگونه حشره‌کشها را که در هوا پراکنده شده‌اند و بوسیله باد از نقاط دور دست منتقل گردیده‌اند محاسبه کرد.

**۲-۲-۲- منابع پس‌ماند آفت‌کشها در خاک:**  
آفت‌کشها از راههای مختلفی وارد خاک میشوند که میتوان آنها را بصورت زیر طبقه‌بندی کرد:  
- از طریق کاربرد مستقیم آنها در خاک.  
- از طریق سمپاشی و برگشت مستقیم ذرات سموم معلق در هوا بزمین.  
- سموم جذب شده در سطح ذرات خاک معلق در هوا و نشست آنها بر زمین.  
- بقایای نباتی که ب خاک اضافه میشوند و سموم جذب شده بوسیله موجودات زنده خاک (غیر ذره‌بینی).

آزمایشان متعدد نشان داده است که فقط جزئی از پس - ماند حشره‌کشها که در خاک اندازه‌گیری شده است حاصل کاربرد مستقیم آنها بوده است. بعلاوه، بیشتر خاکها که هرگز در آنها د.د.ت بکار گرفته نشده است دارای مقداری از این ماده شیمیایی بوده که از طریق هوا دریافت داشته‌اند (ذرات معلق در هوا).

**۱-۲-۲- پس‌ماند آفت‌کشها، حاصل از کاربرد مستقیم آنها در خاک:**

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



بدانجا پیشرفته است که منجر به آلودگی محیط گشته و حیات بشر و دیگر موجودات زنده را بخطر انداخته است. علت این امر را میتوان از یکطرف به ارزانی قیمت آنها و پایداریشان در محیط و از طرف دیگر به مصرف بیش از حد آنها و در شرایط غیر ضروری نسبت داد. پس از کشف این حقیقت که پس ماند این حشره کشها را میتوان در کلیه مناطق اعم از اینکه سمپاشی شده یا نشده باشند اندازه گیری کرد. کوشش در جهت نجات حیات وحش که در معرض خطرات ناشی از آنها بودند بکار گرفته شد. در اجرای این سیاست و برای اینکه در میزان مصرف و مقدار پس ماند حشره کشها در خاک کاهش بیاید آنها را از طریق ضد عفونی بذور، کاربرد در نقاط مورد لزوم و بالاخره بکارگیری کشت خطی و کاربرد آنها در ردیفهای کشت مورد استفاده قرار دادند.

با اینکه در سالهای اولی که استفاده از حشره کشها متداول گردیده بود مصرف سالیانه  $2/2$  تا  $4/5$  کیلوگرم در هکتار زیاد بحساب نمی آمد، ولی امروزه حدود  $560$  تا  $1120$  گرم در هکتار بکار برده میشود.

## ۲-۲-۲- پس ماند آفت کشها، حاصل از سمپاشی و برگشت

### ذرات معلق بخاک:

در سمپاشی نباتات، حدود  $50\%$  درصد از سموم مورد استفاده تلف میشود، زیرا با روش، سمپاشی هوایی مقداری از سم مصرفی در هوا بصورت معلق میماند و در شرایط مناسب، بویژه در مواقع بارندگی و ریزش برف بخاک انتقال مییابند و گذشته از آن مقداری هم بر سطح برگ نباتات می نشیند که بهنگام برگریزان و بارندگی به خاک برمیگردد.

شواهدی در دست است که محققین توانسته اند در زمینهای غیر زراعی مجاور باغ مرکبات حدود  $5$  کیلوگرم در هکتار از حشره کشهای آلی کلره که در سمپاشی باغ و در یک دوره طولانی

از آنها استفاده بعمل آمده بود اندازه گیری کنند. حشره کشهایی که از طریق سمپاشی نباتات بزمین میرسند اغلب بدون تغییر در خاک باقی میمانند و ضمناً شواهد موجود نشان میدهد که آنها در سطح خاک سریعتر تجزیه میشوند تا زمانی که در اثر شخم بطبقات زیرین منتقل شده باشند.

کاربرد علف کشها بعوض شخم در مبارزه با علفهای هرز باعث خواهد شد که حشره کشهای مصرفی با خاک مخلوط نگشته و نتیجتاً بمدت کمتری در خاک باقی بمانند (تجزیه نوری).

بکارگیری حشره کشها در سمپاشی های هوایی باعث خواهد شد 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  $560$  گرم در هکتار از  $D.D.T$  در سمپاشی درختان بکار گرفته شود مقدار  $11$  تا  $270$  گرم در هکتار از این ماده بر روی خاک زیر پوشش درختان و  $66$  تا  $240$  گرم در هکتار بر روی خاک فضای باز منطقه نشست خواهد کرد. بر اساس گزارشی دیگر با بکارگیری حدود یک کیلوگرم در هکتار از ماده  $D.D.T$  در سمپاشی درختان جنگلی توانسته اند  $450$  گرم در هکتار از آنرا در خاک اندازه گیری کنند. بنابراین، برای اینکه سمپاشی مؤثر افتد مجبور خواهیم بود که بیش از حد مورد لزوم از آنها مصرف کنیم تا کاهش حاصل از نشست آنها بر خاک جبران گردد، و بهمین علت اغلب بایستی تا  $5$  برابر مقدار لازم سم بکار گرفته شود. ضمناً، از آنجا که سمپاشیهای هوایی باعث خواهد شد که مقدار پس ماند سموم در خاک بمیزان زیادی افزایش یابد، لذا توصیه میگردد که مگر در موارد ضروری تا آنجا که امکان پذیر باشد از انجام اینگونه سم پاشیها خودداری بعمل آید.

### ۳-۲-۲- پس ماند آفت کشها حاصل از آب باران و گرد و غبار موجود در هوا:

در سالهای اخیر شواهدی مبنی بر وجود پس ماند حشره - کشهای پایدار در هوا بدست داده شده است. بعلاوه، دانشمندان ضمن آزمایشات خود توانسته اند مقداری از حشره کشها را در آب باران و گرد و غبار موجود در هوا اندازه گیری کنند. دست اندرکاران بررسی مسائل آلودگی محیط برای عقیده اند که، پس ماند حشره کشها در آب باران و گرد و غبار موجود در هوا حاصل سمپاشی هوایی نباتات بوده، که مقداری از آنها بخاک منتقل شده و بعد از طریق تبخیر و فرار از سطح خاک بصورت ترکیبات گازی وارد هوا میشود و نتیجتاً، آب بارانی که بزمین میرسد حاوی مقادیری از این مواد خواهد بود.

تصور می رود که ذرات مسموم موجود در هوا در سطح ذرات گرد و غبار موجود در هوا متمرکز شده و پس از بارندگی بصورت قطرات حاوی حشره کش بخاک واریز شوند. ولی نتایج بررسیهای انجام شده نشان میدهد که، انتقال ذرات حشره کش 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 نیز رقمی معادل آن گزارش شده است. در شرایط ۱۲۵۰ میلی متر بارندگی سالیانه میزان د. د. ت که بوسیله آب باران بخاک میرسد ۲/۷ گرم در هکتار تخمین زده شده است. ولی، باید یادآور شد که این ماکزیم مقدار است که میتواند بدین طریق بخاک برسد و احتمالاً متوسط آن کمتر از  $\frac{1}{3}$  این مقدار خواهد بود. بنابراین، سخن باغراق نرفته است اگر گفته شود که سالیانه بیش از ۱۱ گرم در هکتار د. د. ت بوسیله آب باران به خاک اضافه میشود و بر این اساس عده ای معتقدند که این مقدار از د. د. ت به تنهایی نمیتواند خطر چندانی برای زمینهای

زراعی داشته باشد (۱۳).

### ۴-۲-۲- پس ماند آفت کشها، حاصل از بقایای نباتی و حیوانی موجود در خاک:

شواهد موجود نشان میدهد که میزان بسیار کمی از پس - ماند حشره کشهای آلی کلره بوسیله نسوج نباتی و حیوانی جذب میشود. میزان حشره کش جذب شده بوسیله نباتات و جانوران مختلف متفاوت بوده و اطلاعات موجود در این زمینه مبنی بر اینست که نه تنها بوسیله بقایای نباتی و حیوانی ماده حشره کش بخاک اضافه نمیشود، بلکه احتمالاً خود میتواند وسیله ای برای جدا ساختن پس ماند از خاک باشد.

مقدار پس ماند حشره کش کلره که بوسیله حبوبات بخاک اضافه میشود حدود ۰/۰۲ PPM، گزارش شده است (۱۴). متوسط تولید دانه و کلش حبوبات مورد آزمایش ۸۷۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده که از آن ۲۵۰۰ کیلوگرم مربوط به دانه و ۶۲۵۰ کیلوگرم مربوط به کلش بوده است. میزان حشره کش جابجا شده توسط کل محصول دانه و کلش حبوبات حدود ۰/۱۵ گرم در هکتار اندازه گیری شده است. ضمناً بخش ریشه و ساقه حبوبات در سطح یک هکتار و با وزن ۳۳۶۰ کیلوگرم حدود ۰/۰۷ گرم از ماده حشره کش را در برداشته که در خاک باقی مانده و احتمالاً بوسیله ماده آلی خاک نگهداری خواهند شد.

نباتات ریشه ای چون کلم، چغندر علوفه ای، شلغم، هویج و چغندر قند ممکن است نقش مهمتری در نقل و انتقال پس ماند حشره کشها داشته باشند، زیرا عملکرد در هکتار آنها در مقایسه با سایر نباتات زیادتر بوده (۵۰ - ۲۰ تن در هکتار) و نتیجتاً مقدار بیشتری از، پس ماند حشره کشها را میتوانند جابجا سازند. ضمناً 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 ایتیم 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) را تشکیل می‌دهند.

گزارشی دیگر مبنی بر اینست که میزان پس‌ماند دیلدترین، د.د.ت و کلردان در چغندر قند بترتیب ۸/۴، ۵/۵ و ۹/۶ درصد از پس‌ماند موجود در خاک زیر کشت را تشکیل می‌دهند و مقادیر اندازه‌گیری شده برای آنها بترتیب ۵/۹۶، ۰/۳۳ و ۱/۱۲ ppm بوده است (۱۵).

میکرو و ماکرو ارگانیک‌های 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 ارگانیک‌های خاک بطور متوسط حاوی ۱ ppm از پس‌ماند حشره‌کشهای پایدار (در تحت شرایطی ممکن است از این مقدار تجاوز کند، ولی این مقدار متوسط مناسبی است) میباشد 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 خارج شده‌اند و بمرحله پرواز رسیده‌اند از محیط خاک خارج شود. ولی بعید بنظر میرسد که بیش از ۲۵ تا ۳۰ درصد از پس‌ماند حشره‌کش بدین طریق از منطقه خارج شود.

بعضی از محققین توانسته‌اند بیشتر از ۱ ppm از پس‌ماند حشره‌کشها را در نرم‌تان خاکزی اندازه‌گیری کنند. علاوه بر این، شواهدی در دست است که میکرو ارگانیک‌های خاک در مقایسه با نرم‌تان خاکزی میتوانند مقدار بیشتری از حشره‌کشها را جذب

و در خود ذخیره کنند و این مقدار برای میسلیم‌های قارچی تا ۱۰ درصد دیلدترین یا د.د.ت موجود در خاک گزارش شده است.

مقدار حشره‌کش جابجا شده بوسیله موجوداتی که از علوفه‌های مراتع و یا دیگر غذاهای آلوده از حشره‌کشها تغذیه میکنند احتمالاً بیشتر از مقدار است، که بوسیله ریشه نباتات جابجا میشود. با توجه بآنچه گذشت بنظر نمیرسد که جمع تلفات پس-ماند آفت‌کشها از خاک بوسیله نباتات یا حیوانات بیشتر از ۰/۱ ppm باشد.

### ۳-۲ - عوامل مؤثر در پایداری حشره‌کشها در خاک:

#### ۱-۳-۲ - طبیعت شیمیائی حشره‌کشها:

طبیعت شیمیائی حشره‌کشها بوسیله پایداری شیمیائی، قابلیت گریز از محیط، قابلیت انحلال، غلظت و بالاخره فرمولاسیون آنها مشخص میگردد.

بیشتر حشره‌کشهای آلی کلره غیر فرار هستند، ولی بین فشار بخار و پایداریشان در خاک رابطه‌ای وجود دارد. رابطه بعضی از حشره‌کشها از نظر قابلیت گریز از محیط (فراریت) به صورت زیر نشان داده شده است (۱۶).  $\text{aldrin} < \text{heptachlor}$

#### $\text{DDT} < \text{dielrin} < \text{heptachor epoxide}$

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 بخود نگرفته و احتمال میرود که تلفات حشره-کشها از این طریق زیاد نباشد.

قابلیت انحلال نیز یکی از عواملی است که پایداری و

مقاومت حشره‌کشها را تحت تأثیر قرار میدهد. بیشتر حشره‌کشهای آلی کلره نسبتاً در آب محلول میباشند، و حشره‌کشهای محلول در آب معمولاً از طریق آبشویی از خاک خارج میشوند، ولی باید توجه داشت که انحلال و آبشویی همیشه توأم انجام نمیگیرد. درجه انحلال حشره‌کشها در آب اغلب با میزان جذب آنها در سطح ذرات خاک نسبت عکس دارد، ولی این موضوع ممکن است در مورد بعضی از حشره‌کشها صادق نباشد. 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.

پایداری حشره‌کشها با مقدار مصرف آنها رابطه مستقیم دارد، و نتیجتاً هرچه غلظت حشره‌کش زیادتر باشد آهسته‌تر شکسته و تجزیه میشود. آزمایشاتی که در این زمینه انجام گرفته است نشان میدهد که میزان درصد پس‌ماند د. د. ت. و قتیکه بمقدار ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار بکار گرفته شود دو برابر زمان نیست که ۱۱/۲ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گیرد. ضمناً، باید اضافه شود که این آزمایشات سه سال و نیم پس از مصرف د. د. ت. انجام شده است. بهر حال، میتوان چنین نتیجه گرفت که بین مقدار حشره‌کش مصرفی و واکنش‌هایی که مسئول تجزیه و شکستن آنها در خاک هستند همبستگی وجود دارد. بعلاوه، بررسی رابطه بین میزان درصد حشره‌کش باقیمانده در خاک و زمان نشان میدهد که هرچه مقدار حشره‌کش مصرفی زیادتر باشد تلفات آن در واحد زمان کمتر خواهد بود، ولی صرفنظر از مقدار حشره‌کش میزان تجزیه ثابت نبوده و بصورت لگاریتمی با زمان کاهش مییابد. (۱۷).

حشره‌کشها میتوانند بصورت گرد، پودر و تابل Wettable Powder گرانول، کپسولهای ریز، امولسیون و ... فرموله شوند، و کلیه فرمولاسیونها میتوانند درجه پایداری

حشره‌کشها را تحت تأثیر قرار دهند. بعنوان مثال، میتوان گفت که فرمولاسیونهای محلول در آب سریعتر از فرمولاسیونهای روغنی از خاک شسته میشوند. بنابراین، میتوان با انتخاب فرمولاسیون مناسب پایداری حشره‌کشها را در خاک کاهش داد.

بین میزان جذب حشره‌کشها در سطح ذرات خاک و اندازه ذرات آنها در فرمولاسیون رابطه عکس وجود دارد و این موضوع ضمن آزمایشی در مورد لیندان (Lindane) بشبوت رسیده است (۱۸). بنابراین درجه تأثیر حشره‌کشها بدو "و مستقیماً" بستگی به اندازه ذرات در فرمولاسیون آنها دارد، زیرا ذرات بزرگتر آهسته‌تر از ذرات کوچکتر جذب میگردند، ضمناً 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 مؤثرتر 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 پودر و تابل میباشد.

## ۲-۳-۲ - نوع خاک:

پایداری حشره‌کشها در خاک تابع بافت و میزان مواد آلی محتوای آن میباشد، بدین معنا که، هرچه بافت خاک سنگین‌تر باشد زمان پایداری حشره‌کشها بیشتر میشود، و همینطور در مورد مواد آلی که پایداری حشره‌کشها با میزان آنها رابطه مستقیم دارد. علت امر را میتوان به جذب بیشتر حشره‌کشها بوسیله ذرات رس و مواد آلی نسبت داد که احتمالاً 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 خاک مورد آزمایش ترسیب یافته و بسرعت بداخل آنها نفوذ کرده و ناپدید میشوند. در این مورد محققین معتقدند که جذب حشره‌کشها در سطح خاک از نوع فیزیکی بوده و نتیجتاً این عمل محدود به ساختمان شیمیایی بخصوصی و یا گروه معینی از حشره‌کشها نمیشود (۱۹).

تیپ خاک بمیزان زیادی در جذب حشره‌کشها مؤثر است. بررسیهای انجام شده نشان میدهد که آلدترین و لیندان در سطح خاکهای شنی کمتر جذب میشوند و میزان جذب در خاکهای سیلتی کلی لوم، سندی کلی لوم، سلیتی کلی، سندی لوم، کلی-لوم و بالاخره خاکهای پست باطلاقی افزایش مییابد. ضمناً، با توجه به رابطه بین فعالیت حشره‌کش و شدت جذب چنین استنباط میشود که در شرایط خاکهای پست جهت دفع حشرات بمیزان زیادتری حشره‌کش احتیاج خواهد بود تا در شرایط خاکهای شنی.

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 بخش شن و سیلت و دی کلوفنتیون (dichlofenthion) بوسیله هر دو بخش جذب و غیرفعال میگردند. ضمناً، تمام این حشره‌کشها تا حدودی بوسیله ماده آلی غیرفعال میشوند.

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

تیپ خاک علاوه بر اینکه پایداری و فعالیت حشره‌کشها را تحت تأثیر قرار میدهد متابولیزم آنها را نیز متأثر میسازد. مثلاً آلدترین در خاکهای لومی زودتر به دیلدترین تغییر مییابد. تا در خاکهای پست.

ساختمان خاک از طریق غلظت بین‌ئیدروژن، میزان ماده آلی و بالاخره میزان رس پایداری حشره‌کشها را تحت تأثیر 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.

### ۳-۳-۲- میزان مواد آلی:

بنظر میرسد که ماده آلی خاک یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر در پایداری حشره‌کش باشد. میزان ماده آلی خاکها میتواند از کمتر از یک درصد برای بعضی از خاکهای شنی تا ۵۰ درصد برای خاکهای پست و باطلاقی تغییر کند.

شواهد موجود نشان میدهد که هرچه مواد آلی خاک بیشتر باشد، پایداری حشره‌کش نیز افزایش خواهد یافت. در این مورد یکی از محققین توانسته است همبستگی نزدیکی بین پایداری آلدترین و لیندان و میزان مواد آلی را در ده نمونه خاک کاملاً متفاوت پیدا کند (۲۱). بعلاوه، از مجموعه بررسیهایی که در این زمینه انجام شده است چنین برمی آید که رابطه بین پایداری حشره‌کشها و مواد آلی خاک بصورت خطی باشد. البته این نوع همبستگی در کلیه موارد صادق نبوده و ممکن است با کیفیت مواد آلی تغییراتی در آن بوجود آید. مثلاً اگر مواد آلی حاوی موجودات زنده خاکری که مسئولیت تجزیه و تخریب بقایای نباتی را بعهده دارند باشد، ممکن است فعالیت آنها در کیفیت این رابطه تأثیر گذارد.

### ۴-۳-۲- میزان رس:

یکی از عوامل مؤثر در پایداری حشره‌کشها که تقریباً میتواند

از نظر اهمیت در ردیف مواد آلی قرارگیرد میزان مواد کلوئیدی موجود در خاک می باشد.

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، باتوجه باینکه بین میزان رس و مواد آلی موجود در خاک همبستگی وجود دارد بعید بنظر میرسد که زیادی رس عامل اساسی پایداری حشرهکشها در خاک باشد. بررسیهای انجام شده نشان داده است که مخلوط رس و شن بیشتر از مخلوط سیلت و شن و ایندو بیشتر از شن تنها میتوانند لیندان را در سطح خود جذب کند.

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

مقایسه ضرائب همبستگی بین پایداری حشرهکشها و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک با ضرائب همبستگی بین پایداری آنها و میزان مواد آلی که برای آلدین (Aldrin) و لیندان (Lindane) محاسبه گردیده و برترتیب،  $r = 0/8204$  (لیندان) و  $r = 0/8468$  (آلدین) و  $r = 0/9141$  (لیندان) و  $r = 0/8935$  (آلدین) بوده اند، نشان میدهد که، با اینکه ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک که بنوبه خود با میزان رس رابطه دارد، عامل مهمی در کیفیت پایداری حشرهکشها بحساب می آید ولی در مقایسه با نقش میزان ماده آلی در پایداری از درجه اهمیت کمتری برخوردار است (۲۱).

یکی از محققین ادعا می کند که ۹۰% جذب حشرهکشها به وسیله خاک به میزان درصد رس بستگی دارد و بعد از آن میزان مواد آلی اهمیت پیدامی کند (۲۳). با اینکه حشرهکشها بوسیله

بخش رس و مواد آلی خاک جذب می شوند، ولی تجزیه آنها در خاکهائی که مواد آلی بیشتر دارند سریعتر انجام میگیرد. ضمناً زمان پایداری حشرهکشها را میتوان با اضافه کردن کلوئیدهای آلی بخاک افزایش داد و از میزان تلفات آنها کاست.

#### ۵-۳-۲- اسیدتیه خاک:

غلظت بین‌ئیدروژن ممکن است بطریقی تجزیه حشرهکشها را در خاک تحت تأثیر قرار دهد. بعلاوه، بین‌ئیدروژن میتواند پایداری کانیهای رس، ظرفیت تبادل ینی و بالاخره کیفیت و کمیت تجزیه‌های شیمیائی و باکتریائی را متأثر سازد؛ ولی با این حال شواهد زیادی مبنی بر تأثیر مستقیم PH در پایداری حشرهکشهای آلی کلره در خاک وجود ندارد.

با اینکه عده‌ای از محققین گزارش میدهند که PH در پایداری حشرهکشها هیچگونه تأثیری ندارد (۲۴). ولی عده‌ای دیگر ضمن آزمایشاتی که در مورد BHC Benzene hexachlorine و د. د. د. ت انجام داده‌اند، باین نتیجه رسیده‌اند که، این دو در خاکهای قلیائی (PH= ۹/۵) سریعتر تجزیه می شوند تا در خاکهائی که آنها را نرمال می نامند.

آزمایشات دیگری که در این زمینه انجام گرفته است مبنی براینست که میزان جذب د. د. د. ت بوسیله خاکها با افزایش PH زیاد می شود.

حساسیت حشرهکشهای آلی فسفره PH بیش از حشرهکشهای کلره می باشد. در این مورد، یکی از محققین ضمن آزمایشات خود باین نتیجه رسیده است که حشرهکشهای فسفره در خاکهای اسیدی پایداری بیشتری نشان میدهند.

از مجموعه تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده است چنین استنباط می شود که بایستی بین PH و پایداری حشرهکشها 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 تأثیر pH در تجزیه حشره‌کش‌ها در خاک بستگی به خطوط اصلی تجزیه آنها و اینکه آیا "کلا" شیمیایی یا میکروبیولوژیک هستند دارد.

#### ۶-۳-۲- بین‌های معدنی:

اثر نوع و میزان کانیهای خاک بر زمان پایداری حشره‌کش‌ها از طریق تأثیر در ساختمان و تیپ خاک اعمال می‌گردد. عمل جذب احتمالاً اولین مرحله در فرآیند تجزیه در مجاورت کاتالیزورها بوده و انجام آن در خاکهایی که دارای آهن زیاد هستند سرعت صورت می‌گیرد. بنابراین، جذب حشره‌کش‌ها در خاکهای لاتریتیک که دارای مقدار زیادی اکسید آهن هستند سریع انجام می‌شود. بعلاوه، نتایج حاصل از تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که وجود آهن و آلومینیم زیاد در خاکها باعث خواهد شد که عمل تجزیه د.د.ت در آنها بطرز مؤثری تسریع گردد (۲۵). شواهد دیگری در دست است که زمان پایداری لیندان (Lindane) در خاکهایی که دارای منیزیم زیادتری هستند بیشتر است.

تجزیه د.د.ت در بعضی از خاکهای حاصل از خاکستر آتشفشان را به وجود کانیهای رس موجود در آن نسبت می‌دهند. ضمناً، وجود نمکهای معدنی، بویژه نمکهای آهن، آلومینیم و کرومیوم در خاک باعث تسریع در تجزیه د.د.ت خواهند شد. از مجموعه شواهد موجود چنین نتیجه می‌شود که کانیهای خاک میتوانند در عمل تجزیه حشره‌کش‌ها ایفاگر نقش مؤثری باشند، ولی با اینحال برای اینکه اهمیت آنها بطور کامل ارزیابی شده باشد احتیاج به شواهد زیادتری خواهد بود.

#### ۷-۳-۲- درجه حرارت:

حشره‌کش‌ها اصولاً از طریق تجزیه شیمیایی و باکتریایی و

بصورت گاز یا بخار از خاک خارج میشوند و تمام این فرآیندها تحت تأثیر درجه حرارت محیط قرار دارند. در شرائط درجه حرارت زیاد عمل تجزیه تسریع می‌شود و نتیجتاً مقدار زیادتری از حشره‌کش از دست می‌رود، در صورتیکه در شرائط عکس تجزیه و از آنجا تلفات کاهش می‌یابد.

شواهد موجود نشان می‌دهد که هیچگونه تلفاتی از آلدترین 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، ۵۱ تا ۵۵ و ۸۶ تا ۹۸ درصد 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 آلدترینی که در شرائط ۲۶ و ۴۶ درجه سانتیگراد تبدیل به دیلدترین می‌شود بیشتر از زمانیست که درجه حرارت ۷ درجه سانتیگراد باشد، و همچنین تجزیه دیازنیون و تیونازین با افزایش درجه حرارت تسریع می‌گردد.

میزان جذب حشره‌کش‌ها بوسیله خاک نیز تحت تأثیر درجه حرارت محیط 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.

درجه حرارت نیز از طریق تأثیر بر قابلیت انحلال حشره‌کش‌ها میتواند پایداری آنها را تحت تأثیر قرار دهد. قابلیت انحلال حشره‌کش‌ها در رطوبت خاک با افزایش درجه حرارت زیاد گردیده و نتیجتاً میزان تلفات آنها را از طریق آبشویی افزایش می‌دهد. ضمناً، با اینکه افزایش درجه حرارت باعث افزایش تجزیه، آبشویی و گریز حشره‌کش‌ها می‌شود، ولی این نیز ثابت گردیده که خاکهای خشک که معمولاً گرم هستند حشره‌کش‌ها را محکمتر بخود می‌گیرند تا خاکهای مرطوب (تناقض). بنابراین،

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

### ۸-۳-۲- رطوبت خاک:

ملکول آب بدلیل قطبی بودنش و جذب 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 مستقیماً در ارتباط با رطوبت خاک می‌باشد، میتواند پایداری حشره‌کش‌ها را از سه طریق تحت تأثیر قرار دهد:

- تأثیر در میزان جذب
- تأثیر در میزان انتشار
- تأثیر در قابلیت حصول

جذب ذرات پراکنده حشره‌کش بوسیله خاک با افزایش رطوبت هوای آن کاهش می‌یابد و این عمل در خاکهایی 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 و تغییرات ایندو یک سویه خواهد بود.

بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌هایی که در زمینه تأثیر رطوبت بر پایداری 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:

- جذب آلدترین و لیندان بوسیله خاکهای خشک چندان شدید نبوده و از این نظر با آب رقابتی نخواهند داشت و نتیجتاً حشرات را همیشه تحت کنترل خواهند داشت.

- متیل پاراتیون و فنیتروتیون (Fenitrothion) که با شدت متوسطی توسط خاکهای خشک جذب می‌شوند و در نتیجه با آب رقابتی متوسط خواهند داشت، می‌توانند در ردیف حشره‌کش‌های خوب قرار گیرند.

- تیونازین، دیازینیون و دیکلوفنتیون dichlofenthion با شدت بیشتری جذب خاکهای معدنی خشک می‌شوند، و در شرایط خاک مرطوب از نظر جذب با آب رقابتی نخواهند داشت، لذا سمیت آنها از نظر حشرات بسیار شدید خواهد بود.

- حشره‌کش‌هایی چون azinphos-Methyl که بشدت در سطح ذرات خاک جذب می‌شوند و از این طریق با آب در رقابت کامل هستند، بطوریکه حتی در شرایط خاک مرطوب به حالت جذب باقی می‌مانند، از نظر کنترل حشرات کاملاً غیر-مؤثر می‌باشند.

زمان پایداری حشره‌کش‌ها در خاکهایی که بطور مدام مرطوب هستند نسبت به خاکهای خشک کمتر می‌باشد. ضمناً، چون خاکهای خشک در شرایط اقلیمی گرمتر و خاکهای مرطوب در شرایط اقلیمی سردتر یافت می‌شوند، ممکن است چنین نتیجه‌گیری کرد که، درجه حرارت و رطوبت از نظر تأثیر در پایداری حشره‌کش‌ها در خاک در جهت عکس هم عمل کنند.

### ۹-۳-۲- پوشش نباتی:

بدیهی است که خاکهای فاقد پوشش نباتی یا در حال آیش در مقایسه با خاکهای زیر کشت بیشتر در معرض تابش خورشید،



### ۱۰-۳-۲- شخم:

حشره‌کش‌ها معمولاً با عمل شخم بداخل خاک منتقل می‌شوند، ولی آنهائیکه از طریق سمپاشی نبات و شستشوی برگ‌ها حاصل از بارندگی بخاک منتقل می‌شوند ممکن است برای مدتی طولانی در 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 آلدترین و بمیزان ۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار مورد سمپاشی قرار گیرد ۹۵ درصد از سم مصرفی در فاصله ۶ هفته‌ای خود را از دست می‌دهد، ولی اگر با عمل شخم بداخل خاک منتقل گردد ۴۰ درصد آن تا ۲۰ هفته پس از کاربرد در خاک باقی خواهد ماند. ضمناً، اگر آلدترین را با عمل شخم بداخل خاک فاقد پوشش نباتی منتقل کنیم زمان پایداری آن در مقایسه با شرائطی که خاک دارای پوشش چمنی باشد و شخم نخورده باشد بیشتر است. از طرف دیگر، اگر پایداری آلدترین یا هپتاکلر را در خاکهای زیر کشت و بدون پوشش نباتی 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 - ۲۵ و ۵/۳ - 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 آلدترین سمپاشی کنیم و روزانه و بمدت ۳ ماه آنرا دیسک زنیم و میزان تلفات سم را در این آزمایش و در آزمایش دیگری که زمین فقط یکبار شخم خورده است مورد مقایسه قرار دهیم مشاهده خواهیم کرد که تلفات در آزمایش اول (شخم منظم) بیشتر بوده و میزان آن برای د.د.ت و آلدترین بترتیب ۲۵ و ۳۸ درصد خواهد بود.

وزش باد و بالاخره ضربات مستقیم قطرات باران هستند. بنابراین با توجه به نقش درجه حرارت، رطوبت و دیگر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در میزان پایداری حشره‌کش‌ها بنظر میرسد که اثر سایه‌افکنی نباتات ممکن است تا حد زیادی در درجه پایداری حشره‌کش‌ها تأثیر گذارد. بعنوان مثال اگر در یک قطعه زمین دو بخش کوچک که دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی یکسانی هستند انتخاب کنیم و آنها را با هپتاکلر سمپاشی نمائیم و بر سطح یکی از این بخش‌ها مصنوعاً سایه بیندازیم، نتایج بررسی پایداری هپتاکلر در خاک این دو بخش نشان خواهد داد که میزان پایداری با اختلافی جزئی در بخش سایه‌دار بیشتر از بخش بدون سایه می‌باشد. چون علت را بررسی کنیم باین نتیجه خواهیم رسید که درجه حرارت با تأثیر بیشتر خود بر بخش بدون سایه توانسته است این اختلاف جزئی را بوجود آورد. گروهی از محققین در این مورد آزمایشی انجام می‌دهند، و آن اینکه دو کرت را انتخاب کرده و آنها را با ماده فعال آلدترین و بمیزان ۲۸ کیلوگرم در هکتار سمپاشی مینمایند و بعد یکی از این دو را بزیر کشت یونجه درآورده و بعد از سه سال پس‌ماند آلدترین را در این دو کرت اندازه‌گیری میکنند و میزان آنرا برای کرت زیر کشت یونجه ۹/۱ ppm و برای کرت فاقد یونجه ۴/۸ ppm گزارش می‌دهند (۲۷).

عامل دیگری که در این ارتباط بایستی مورد توجه قرار گیرد اینکه، حشره‌کش‌ها می‌توانند بوسیله بعضی از نباتات از خاک جذب شوند، که این خود بکاهش آنها در خاک کمک خواهد کرد. شواهد موجود در این زمینه حکایت از این دارد که حشره‌کش‌های آلی کلره می‌توانند بوسیله هویج و بعضی دیگر از نباتات از خاک 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.

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

#### ۴-۲- خطرات ناشی از پس‌ماند آفت‌کش‌ها در خاک :

حشره‌کش‌هایی که در خاک یا در بقایای جنگلی پایداری می‌توانند موجودات زنده خاک را بطرق زیر تحت تأثیر قرار دهند:

- ممکن است مستقیماً برای آنها مسموم کننده باشند.
- ممکن است آنها را از نظر ژنتیکی تحت تأثیر قرار دهند بطوریکه جامعه‌ای مقاوم بوجود آید.
- ممکن است دارای اثر نیمه‌حیاتی بر روی فعالیت، رفتار تولید مثل و عمل سوخت و ساز آنها داشته باشند.
- ممکن است بوسیله موجودات زنده خاک جذب و وارد اندام آنها گردند.

#### ۱-۴-۲- اثر پس‌ماند آفت‌کش‌ها بر روی موجودات زنده

##### ذره‌بینی خاک :

تغییر نامطلوب فعالیت‌های میکروبی خاک بوسیله حشره‌کش‌های پایداری می‌تواند عامل مهمی در کاهش حاصلخیزی خاک بشمار آید. خوشبختانه، بیشتر شواهد موجود گواه بر اینست که با اینکه ممکن است فعالیت‌های میکروبی خاک تحت تأثیر پس‌ماند حشره‌کش‌ها دچار اختلال گردد ولی، بدلیل ناکافی بودن نمی‌تواند کاهش چندانی در حاصلخیزی خاک بوجود آورد. در واقع، عده‌ای بر این اعتقادند که حشره‌کش‌های آلی کلره تعداد موجودات زنده 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 پایداری نمی‌توانند تأثیری بر جانداران ریز خاک داشته باشند.

قارچ‌ها در مقایسه با باکتری‌ها، که تقریباً مصونیت دارند، نسبت به حشره‌کش‌های کلره پایداری حساسیت بیشتری نشان می‌دهند. با اینکه بنظر می‌رسد که تأثیر حشره‌کش‌های کلره بر روی نیتروژن و آمونیوم و آمونیوم بسیار جزئی باشد، ولی در عین حال حساسیت موجودات زنده ذره‌بینی که مسئولیت عمل نیتروژن‌فیکاسیون را برعهده دارند در مقابل حشره‌کش‌ها زیادتر است.

در جمع حشره‌کش‌های آلی کلره بنظر می‌رسد که BHC (Benzene hexachloride) بیشترین تأثیر بر روی جانداران ریز خاک داشته باشد. بعلاوه BHC نسبت به حشره‌کش‌های هم‌گروه خود از حداقل پایداری برخوردار است. بطور کلی، از مجموعه گزارشات موجود در این زمینه چنین استنباط می‌شود که تأثیر حشره‌کش‌های پایداری بر روی موجودات زنده ذره‌بینی خاک در صورت وجود زودگذر خواهد بود و فعالیت آنها بلافاصله بحالت عادی خود بر میگردد.

#### ۲-۴-۲- اثر پس‌ماند آفت‌کش‌ها بر روی حیوانات خاکزی :

بعضی از موجودات خاکزی در شمار آفت‌ها قرار می‌گیرند و در این صورت بایستی آنها را بطریقی از بین برد. متأسفانه، تعداد اینگونه موجودات در مقایسه با انواع مفید آنها، چون حشرات ریز شکاری و هزارپاها و همچنین آنهایی که در تجزیه و تخریب بقایای نباتی و حیوانی شرکت داشته و بدین طریق می‌توانند در کیفیت حاصلخیزی خاک تأثیر گذارند زیادتر است.

کرم‌خاکی و کرم‌های از نوع Collembola، Enchytraeid، Diptera Larva و بعضی از Acarina همگی از مواد پوسیده موجود در خاک تغذیه می‌کنند و بدین طریق می‌توانند کمک مؤثری

در نقل و انتقال این مواد بداخل خاک باشند. اثرات سوء ناشی از مرگ و میر موجودات زنده مفید خاک، در مناطق جنگلی و بطور کلی در مناطقی که هیچگونه فعالیت کشت و کار دیده نمی‌شود بیشتر متجلی میگردد 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 تحت تأثیر قرار میدهند، ولی کیفیت امر هنوز آنطوری که شاید و باید روشن نگردید و احتیاج به تحقیقات بیشتری در این زمینه خواهد بود.

معمولاً حیوانات خاکزی که دارای فعالیت بیشتری بوده و اغلب شکاری می‌باشند، نسبت به آفت‌کش‌ها حساسیت بیشتری نشان میدهند تا آنهایی که از نظر فعالیت در مرتبه پائین‌تری قرار دارند.

رویهمرفته، تأثیر 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. ضمناً، از آنجا که در بیشتر خاکها می‌توان پس‌ماند د.د.ت و دیلدترین را اندازه‌گیری کرد احتمال اینکه محیط زنده خاک 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 از نوع Collembola که د.د.ت بر روی آنها اثری ندارد خواهد شد. د.د.ت بر روی گرم خاکی اثری نخواهد داشت و بعلاوه بندپایان خاکزی نیز نسبت به د.د.ت حساسیتی نشان نخواهند

داد.

دیلدترین معمولاً در مورد خاک بکار گرفته نمی‌شود و دلیل موجودیت آنها در خاک که در گزارشها به آن اشاره شده است اینست که بکارگیری آلدترین در خاک باعث خواهد شد که این ماده ضمن تجزیه‌ای که در خاک روی آن انجام می‌شود دیلدترین را بوجود آورد.

پس‌ماندهای دیلدترین و آلدترین بیشتر از د.د.ت برای بیشتر حیوانات خاکزی بجز حشرات ریز ایجاد مسمومیت می‌کنند. دیگر حشره‌کش‌های کلره بجز اندرین (Endrin) نسبت به د.د.ت، آلدترین و دیلدترین مسمومیت کمتری برای بیشترگونه‌های حیوانات خاکزی ایجاد می‌کنند. کلردان، اندرین و هپتاکلر برای کرم خاکی سمیت شدیدی ایجاد می‌کنند و از آنجا که این موجودات در حاصلخیزی خاک ایفاگر نقشی هستند، مطمئناً کاربرد آنها مطلوب نخواهد بود.

بطور خلاصه، هنوز شواهد کلی در دست نیست که نشان‌دهنده اثر آفت‌کش‌های پایدار بر روی جامعه حیوانات خاکزی که در حاصلخیزی خاک تأثیر می‌گذارند باشد، ولی با اینحال اگر پس‌ماند آنها برای مدتی طولانی در خاک مناطق جنگلی و مراتع باقی بمانند، امکان اینکه پس از یکدوره طولانی ساختمان خاک را تحت تأثیر قرار دهند خواهد بود.

### ۳-۴-۲- ورود در زنجیره غذایی :

برای اولین بار در سال ۱۹۵۸ توسط یکی از محققین گزارشی مبنی بر وجود پس‌ماند د.د.ت در نسوج کرم خاکی داده شد و متعاقب آن عده‌ای دیگر از محققین این نظریه را تأیید 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. در مورد سوسکهای خاکزی و Molluses از نرم‌تنان

خاکری با پوشش حفاظتی در سطح بدن). نیز آزمایشات مربوطه وجود حشره‌کش‌های آلی‌کلره را در نسوج آنها باثبات رسانده‌اند (۳۰). ضمناً، شواهد موجود نشان می‌دهد که خاکزیان ریزنه تنها ممکن است حاملین حشره‌کش‌های پایدار باشند، بلکه بعضی از آنها چون حشرات ریزمی‌توانند ضمن جذب حشره‌کش‌ها آنها را در بدن خود به ترکیبات جدیدی تبدیل سازند (تبدیل DDT به DDE در نسوج حشرات ریز خاکری).

بنابراین، احتمال اینکه اکثر نرمتنان خاکری بتوانند مقداری از حشره‌کش‌های مصرفی را ضمن جذب با خود حمل نمایند وجود دارد، ولی پس‌ماند سموم موجود در بدن این موجودات بدان حد نیست که حیات آنها را بخطر اندازد. منتها، از آنجا که این حیوانات خوراک بیشتر پرندگان و جانوران را تشکیل می‌دهند، لذا با تغذیه از آنها ممکن است بتدریج غلظت سم در بدن این موجودات افزایش یابد و به حد کشنده برسد. بعلاوه، چون ثابت شده است که، جانوران مهره‌داری که از پرندگان حامل موادمسمی 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 مسمومیت گردند با توجه به آنچه گفته شد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که حشره‌کش‌های آلی پایدار می‌توانند از طریق زنجیره غذایی به بدن انسان منتقل شوند و حیات او را بمخاطره اندازند و بهمین جهت مهمترین خطرات ناشی از کاربرد این حشره‌کشها مربوط به قابلیت انتقال آنها می‌باشد.

۴-۴-۲- اثرات نیمه‌حیاتی پس‌ماند آفت‌کشها بر روی حیوانات خاکری:

تداوم کاربرد حشره‌کشهای کلره پایدار در دفع آفات باعث خواهد شد که گونه‌های معینی از جانوران خاکری که طی چند نسل

در معرض حشره‌کشها قرار داشته‌اند حساسیت خود را از دست بدهند و در مقابل آنها مقاوم گردند. در این شرایط، اگر جانور در شمار آفات قرار گرفته باشد مجبور خواهیم بود که در مبارزه با آن همراه با گسترش مقاومت میزان سم را نیز افزایش دهیم، که این بنوبه خود وبدلیل افزایش در پس‌ماند حشره‌کشها پتانسیل بیشتری را از نظر آلودگی بوجود خواهد آورد.

بر اساس شواهد موجود، دیگر تأثیر نیمه‌حیاتی پس‌ماند حشره‌کشها بر روی حیوانات خاکری، 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 است منجر به تغییر در رفتار و کیفیت تغذیه‌ای آنها گردد. چنین اثراتی، باعث اعمال فشار در اکوسیستم خاک خواهد شد و نتیجتاً رابطه بین شکار و شکارچی را بهم خواهد زد.

در حال حاضر، اثرات کلی حشره‌کشهای کلره پایدار در این رابطه مشخص نشده است و ممکن است کاملاً نامطلوب بحساب آیند، اگر چه در شمار خطرات اساسی ناشی از پس‌ماند حشره‌کشها در خاک بشمار نمی‌آیند.

۵-۴-۲- اثر پس‌ماند آفت‌کشها بر روی رشد و نمونباتی:

از اینکه زیادی پس‌ماند حشره‌کشهای کلره پایدار در خاک 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 حشره‌کشها بر

روی نباتات نسبت به نوع آنها متفاوت بوده و در بیشتر موارد شامل ضعف رشد و جوانه زدن، 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 را برای نبات ایجاد میکند و اغلب مقدار متوسطی از پس‌ماند آن در خاک باعث توقف رشد آن میگردد و مهمتر از همه طعم بخش‌های خوراکی نبات را نامطلوب می‌سازد. ضمناً، آزمایشات دیگری نشان داده است که **BHC** می‌تواند رشد نبات را تحریک کند. آغشته کردن بدور به **BHC** باعث خواهد شد که عمل جوانه زدن آنها مدتها قبل از کشت تحت تأثیر قرار گیرد.

د.د.ت در صورتیکه بمقدار زیاد مورد استفاده قرار نگرفته باشد نمی‌تواند برای بیشتر نباتات ایجاد مسمومیت کند، و تنها معدودی از نباتات هستند که در مقابل آن حساسیت کمی نشان میدهند. البته، اگر میزان مصرف د.د.ت در واحد سطح زیاد باشد نباتات گوجه‌فرنگی، خیار و لوبیانسبت به آن تا حد مسمومیت حساسیت نشان خواهند داد. مصرف بیش از ۲۲/۴ کیلوگرم در هکتار از د.د.ت رشد چغندر و حبوبات را تحت تأثیر قرار خواهد داد. د.د.ت میتواند رشد هویج، هویج‌فرنگی و شلغم را تحریک نماید.

آلدترین نسبت به د.د.ت، نسبتاً مسمومیت بیشتری برای نباتات بوجود می‌آورد و مصرف ۸/۹ تا ۱۷/۹ کیلوگرم در هکتار از آلدترین میتواند به خیار، گوجه‌فرنگی، لوبیا، چغندر و حبوبات صدمه زند. کلردان، اندرین و هپتاکلر تقریباً مشابه آلدترین عمل میکنند،

و در میان گروه حشره‌کش‌های کلره دیلدترین حداقل مسمومیت را برای نباتات بوجود می‌آورد.

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

## ۵-۲- کیفیت و راه‌های خروج پس‌ماند آنت‌کش‌ها از خاک:

حشره‌کش‌های آلی کلره همگی از نظر شیمیائی پایدار و نسبتاً غیر فرار بوده و از درجه انحلال 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 کاملاً روشن نشده است، ولی شواهد موجود می‌تواند ارزیابی اهمیت نسبی عوامل مختلف را در این رابطه آسانتر سازد.

### ۱-۵-۲- فرار از خاک (بخار شدن):

از آنجا که حشره‌کش‌های کلره چندان فرار نیستند، لذا جزء کوچکی از آنها بدین طریق از خاک خارج می‌شود. ولی، شواهد موجود براینست که کلیه حشره‌کش‌ها و حتی آنهایی که امکان فرارشان از خاک نمی‌رود، اگر مدت مدیدی در معرض هوا قرار گیرند مقدار زیادی از آنها از این طریق از سطح خاک خارج خواهد شد. در این مورد گروهی از محققین آزمایشی انجام می‌دهند و آن اینکه پروفیل توزیع آلدترین، دیلدترین، هپتاکلر، توکسافن یا (Champhechlor)، ایزودرین (Isodrin)، اندرین (Endrin) کلردان و بنزن‌هگزاکلرید را در خاک مورد مطالعه

قرارداده و ۱۳ سال پس از کاربرد پس ماند آنها را در لایه سطحی خاک (۷/۵ سانتیمتری) و در عمق ۷/۶ تا ۲۳ سانتیمتری اندازه گیری می کنند و باین نتیجه می رسند که، با اینکه حشره کشها در سطح خاک بکار گرفته شده اند ولی پس ماند سموم مصرفی در لایه سطحی کمتر از لایه زیرین خاک است. علت امر را می توان چنین توجیه کرد که، حشره کشها بوسیله اشعه خورشید تجزیه نوری یافته و از خاک فرار کرده اند، ولی با اینحال احتمال می رود که چنین توزیعی را بتوان بصورتی بیان داشت و با عوامل دیگری در ارتباط دانست. با توجه به مسئله فوق اهمیت و نقش عمل شخم در کاهش تلفات حشره کشها کاملاً روشن می شود.

فشار بخار حشره کشها در خاک ثابت نبوده و با غلظت آنها تغییر می کند، زیرا حشره کشها در آب خاک حل شده و جذب سطح ذرات خاک می شوند. بنابراین، می توان قبول کرد که میزان تلفات حشره کشها از طریق فرار از سطح خاک بسته به نوع حشره کش تغییر می کند. حشره کشهای لیندان و DDT می توانند اینراه از خاک خارج شوند، منتها میزان تلفات لیندان در مقایسه با DDT بمراتب بیشتر است (۳۰).

میزان تلفات حشره کشها از طریق فرار از خاک ممکن است به غلظت آنها بستگی داشته باشد (۳۰). فرار حشره کشها از خاکهای خشک در مقایسه با خاکهای مرطوب بسیار آهسته است زیرا حشره کشها بشدت جذب سطوح جذب کننده شده و امکان فرار برای آنها نخواهد بود، مگر اینکه بوسیله ملکولهای آب جانشین گردند. در شرائطی که حشره کشها 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 نمی تواند چندان زیاد باشد.

در مورد تلفات و کیفیت ناپدید شدن دیلدترین در خاک نیز مطالعات دقیقی انجام گرفته و نتایج حاصله نشان میدهد که با اینکه ۲/۹ درصد از این ماده از خاک فرار می کنند، ولی به دلیل درگیری خاص آن در خاک احتمال می رود که میزان تلفات بیش از این باشد (۳۱). نتایج مطالعات دیگر محققین، علاوه بر تأیید این نظریه نشان میدهد که دیلدترین در شرائط ایده آل می تواند در فاصله یکسال از خاک فرار کند و در اجرای این پدیده انتقال دیلدترین بسطح خاک ضروری نخواهد بود. هپتا-کلر و DDT نیز از خاک فرار می کنند. میزان تلفات DDT از این راه ۵۰ درصد مقدار مصرفی محاسبه گردیده است (۳۲). ضمناً، مطالعاتی که در مورد مشتقات DDT انجام شده است حاکی از اینست که P-DDT و p p-DDT بیشتر از DDT از P P از خاک فرار می کنند، لذا بایستی قبل از گریز تجزیه هائی روی آنها صورت گیرد. بعلاوه، فشار بخار ثابت نبوده و با درجه حرارت تغییر خواهد کرد و نتیجتاً فرار حشره کشها از خاک گرم بیشتر از خاک سرد خواهد بود.

با توجه به نتایج تحقیقاتی که در زمینه فرار حشره کشها از خاک انجام شده است، جای تردید نیست که این پدیده از عوامل اساسی خروج حشره کشها از خاک است و بهمین دلیل وجود پس ماند حشره کشها در هوا و آب باران را می توان ناشی از این فرآیند دانست.

## ۲-۵-۲- آبشویی و آبدویدگی:

حرکت توأم حشره کشها و آب بدو صورت در خاک انجام می شود، یکی حرکت افقی یا جانبی در سطوح شیب دار و دیگری حرکت عمودی بداخل خاک و همراه بازه آب. از مجموعه تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده نتایج زیر بدست داده شده است:

– حشره‌کش‌های د.د.ت، آلدترین و دیلدترین و لیندان می‌توانند بصورت افقی در خاک حرکت کنند.

– عمق آبشویی برای بیشتر حشره‌کش‌ها زیاد نبوده و میزان آن بستگی به نوع حشره‌کش دارد.

– لیندان در مقایسه با د.د.ت تا عمق بیشتری آبشویی می‌شود.

– میزان آبشویی حشره‌کش‌ها بستگی به نوع خاک و میزان بارندگی دارد.

– میزان آبشویی در خاکهای دست‌نخورده بیشتر از خاکهای دست‌خورده است و در مورد دیلدترین تا ۱۰ برابر گزارش شده است (۳۳).

– تداوم آبشویی منجر به انتقال بیشتر حشره‌کش نمی‌گردد و همراه با پیشرفت آبشویی میزان حشره‌کش موجود در آب آبشویی کمتر خواهد شد. علت امر را می‌توان به تداوم جذب حشره‌کش نسبت داد (۳۴).

– حشره‌کش‌ها بمیزان زیادتری از طریق آبدویدگی نقل و انتقال می‌یابند تا آبشویی. این مقادیر در مورد دیلدترین ۰/۰۲ درصد در آب حاصل از آبشویی و ۹۹ درصد در آب حاصل از آبدویدگی گزارش شده است (۳۵).

– میزان انتقال حشره‌کش از طریق آبدویدگی معمولاً با زمان کاهش می‌یابد که شاید بتوان علت امر را همانند مورد آبشویی به تداوم جذب حشره‌کش نسبت داد (۳۱).

– میزان آبشویی حشره‌کش‌ها به قابلیت انحلال آنها در آب بستگی دارد، ولی این یک همبستگی ساده نیست، زیرا اجدا- سازی حشره‌کش‌ها از خاک نیز تابع ظرفیت جذب آنها در سطح ذرات خاک می‌باشد.

– از طریق آبشویی فقط جزء کوچکی از حشره‌کش‌ها انتقال می‌یابد.

– تقریباً کلیه حشره‌کش‌ها می‌توانند هم حرکت افقی و هم حرکت عمودی در خاک داشته باشند.

### ۳-۵-۲- تجزیه میکربی:

با اینکه بنظر میرسد که تمیز تجزیه‌های بیولوژیک و غیر-بیولوژیک از یکدیگر کار چندان ساده‌ای نباشد، ولی شواهد موجود مبین این است که موجودات زنده ذره‌بینی می‌توانند در تجزیه آفت‌کش‌های پایدار ایفاگر نقش مهمی باشند.

ساده‌ترین راه‌تمیز این دو نوع تجزیه از یکدیگر اینست که، 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. مثلاً، تجزیه بعضی از آفت‌کش‌ها در خاکهایی که بوسیله اشعه گاما تصفیه میکربی یافته باشند سریعتر انجام میشود تا در خاکهایی که بوسیله اتوکلاو این عمل انجام شده باشد (۳۶).

تجزیه میکربی در مورد بعضی از حشره‌کش‌ها انتخابی نبوده و جانداران ذره‌بینی اغلب می‌توانند حشره‌کش‌های مختلف را با سرعت‌های متفاوت مورد تجزیه قرار دهند. از آن جمله می‌توان تجزیه دیلدترین و حشره‌کش‌های سیکلودین (Cyclodiene) را به وسیله گروهی از موجودات زنده ذره‌بینی نام برد که در مورد دیلدترین سریعتر از سیکلودین انجام می‌شود.

جانداران ذره‌بینی خاک نیز می‌توانند حشره‌کش‌ها را به مشتقات مربوطه تبدیل سازند. بعنوان مثال قارچ‌های *A. niger*

*Aspergillus flavus* و *Penicillium notatum* نمی‌توانند *C14-dieldrin* را به

مشتقات آن تبدیل سازند، در صورتیکه همین قارچ‌ها قادر خواهند بود که مقدار زیادی از *C14-Aldrin*، ایزوبنزن، کلردان و

هیپتاکلر را با وجود آب تجزیه و به مشتقات آنها تبدیل سازند (۳۷). قارچ *Pseudomonas sp.* می‌تواند آلدترین را تجزیه و به دیلدترین 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 باین نتیجه می‌رسند که بعضی از آنها قادرند که آلدترین را به دیلدترین مبدل سازند، بویژه قارچ *Fusarium sp.* که می‌تواند ۹/۲ درصد از آلدترین را به دیلدترین تبدیل سازد. در این تغییر و تبدیل قارچهای *Trichoderma spp*، *Rhizopus-Penicillium* و *Mucor* به ترتیب حداکثر کارآئی را نشان داده‌اند. ضمناً، فعالترین اکتینومیست و باکتریها را در این ارتباط *Streptomyces sp.*، *Nocardia sp.* و *Micromonospora sp.* تشخیص داده شده‌اند (۳۸). اکتینومیست‌ها می‌توانند د. د. ت را تجزیه کنند، در صورتیکه تجزیه دیلدترین بوسیله هیچکدام از آنها مشاهده نشده است. بطور خلاصه می‌توان نتیجه گرفت که جانداران ذره‌بینی خاک در تجزیه حشره‌کش‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند، ولی اینکه آیا قادر خواهند بود که تجزیه کامل را در مورد حشره‌کش‌ها انجام دهند هنوز شواهدی بدست داده نشده است.

#### ۴-۵-۲- سایر تلفات:

حشره‌کش‌های آلی کلره می‌توانند بوسیله نباتاتی که بر روی خاک حاوی پس‌ماند آنها کشت شده‌اند جذب شوند. اگر این نباتات از نوع زراعی باشند، قسمتی از پس‌ماند حشره‌کش‌ها همراه با برداشت محصول از خاک خارج خواهد شد.

حشره‌کش‌هایی نیز در بخش مواد آلی و کلوئیدی خاک و همچنین در نسوج موجودات خاکزی بصورت غیرفعال درآمده و محبوس می‌گردند.

#### ۶-۲- کاهش پس‌ماند آفت‌کش‌ها در خاک:

حشره‌کش‌های آلی کلره بدلیل ارزانی قیمت، پایداری در محیط و بالاخره تنوع ترکیبات در صحنه کشاورزی از اعتباری خاص برخوردار بوده و مصرفشان مرتباً افزایش یافته است. اگرچه به کارگیری این سموم در حفظ نباتات و تولیدات زراعی باعث شده است که از میلیون‌ها دلار خسارت سالیانه که بوسیله این آفات به کشاورزی وارد می‌شود جلوگیری بعمل آید، ولی مصرف بیش از حد و بی‌رویه آنها، که افزایش پس‌ماند بدنبال خواهد داشت، منجر به آلودگی بخش‌های مختلف بیوسفر گردیده و حیات انسان و میلیون‌ها موجودات زنده دیگر را به مخاطره انداخته است. بنابراین با توجه به این زنگ خطر بایستی سعی بر آن باشد که ضمن کاهش در مصرف آنها و در عین حال تحقیق در کارآئی و امکان بکارگیری دیگر روشهای مبارزه، میزان پس‌ماند آنها بحداقل خود کاهش داده شوند. 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 انجام گیرد.

#### ۱-۶-۲- روش‌های کاربرد:

در اجرای سم پاشی زمینهای مزروعی، قبل از هرچیز بایستی حدود و ثغور بخشی از زمین که نیاز به سم پاشی دارد مشخص کرد و بی‌آنکه ضرورتی داشته باشد سطح وسیعی را بزیر پوشش ترکیبات سمی 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 بر خواهند گرفت و مآلاً "کلیه اجزاء اکوسیستم راتحت تأثیر قرار خواهند داد. بنابراین، بایستی از اجرای سم پاشیهای حساب نشده و کورکورانه که منجر به بروز چنین شرايطی می‌شوند، حتی در مورد سموم ناپایدار جلوگیری بعمل آید.



خوشبختانه، در سالهای اخیر کارآئی و شمر بخشی روشهای سمپاشی که مشکلات آلودگی محیط را کمتر بدنبال داشته باشند تا حد زیادی افزایش یافته است. بعنوان مثال، در روشهای فعلی نیاز به آب چندان نخواهد بود 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.

عمل شخم، دیسک و یا شانه زدن زمین پس از 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 می یابند و امکان فرار از خاک برای آنها کمتر خواهد بود. بنا بر این، اگر هدف کاهش در میزان پس ماند باشد بایستی از انجام هرگونه فعالیتی که منجر به انتقال ذرات سموم به اعماق خاک میگردد خودداری و ممانعت بعمل آید.

برای آفاتی که در مبارزه با آنها سمپاشی تمامی خاک ضروری باشد، بهتر آن خواهد بود که میزان سم لازم جهت افزایش پس ماند موجود در خاک و بحد مورد لزوم در کنترل آفت محاسبه گردد. با استفاده از این روش و با بکارگیری آلدترین توانسته اند آفات ریشه غلات را کاملاً تحت کنترل در آورند (۳۹). هرآینه بهترین روش کاربرد اینست که حشرهکشهای پایدار بصورت موضعی و درجائی که لازمست بکار گرفته شوند، از آنجمله می توان کاربرد مقدار بسیار کمی از حشرهکش در اطراف بذر را نام برد. در سالهای اخیر با استفاده از مواد تماس دهنده حشرهکش و بذر که ایجاد پوشش یکنواختی از حشرهکش را در اطراف بذر تضمین می کند، توانسته اند کارآئی این روش از کاربرد حشرهکشها را تا حد زیادی افزایش دهند. یکی دیگر از روشهای کار برد که میزان پس ماند را بمقدار زیادی کاهش میدهد بکارگیری

حشرهکشها بمقدار کم در نزدیکی بذر و یا بصورت نوار باریکی در ردیفهای کشت می باشد. ضمناً، در مورد نباتاتی که نشاء می شوند می توان بعضی از آفات را از طریق آغشته کردن ریشه آنها در حشرهکش و قبل از کشت کنترل نمود.

حشرهکشهایی که زمان پایداریشان در خاک کوتاه است، برای اینکه در طول فصل رویش در خاک باقی بمانند می توان آنها را در فرم جذب شده در سطح گرانولهای خنثی که بتدریج حشرهکش را آزاد می کنند بکار برد، گرانولهای مختلف میزان متفاوتی از حشرهکش را آزاد می سازند، و لذا می توان مناسبترین آنها را برای آفت بخصوصی برگزید. بعلاوه، حشرهکشها را می توان در کپسولهای بسیار کوچک که بتدریج شکسته شده و حشرهکش را آزاد می نمایند بکار گرفت.

بالاخره، ریشه کنی نیز از دیگر برنامه هائست که می تواند در مورد بعضی آفات و در شرایط مقتضی بکار گرفته شود. این برنامه، معمولاً در مورد آفات غیر بومی و در سطوح محدود جغرافیائی می تواند موفق از کار در آید.

## ۲-۶-۲- اعمال قانون:

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

در آمریکا مقررات و شرایط سختی در مورد تولید و مصرف آفتکشها اعمال می گردد. بطوریکه هیچیک از کارخانه های سازنده سموم نباتی نمی توانند سمی که واجد شرایط منظور در قوانین مربوطه نیست به بازار عرضه کنند. ضمناً، در این قوانین حد مجاز آفتکشها برای کلیه محصولات که بعنوان غذا مورد استفاده قرار میگیرند تعیین و مشخص گردیده است.

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

آلدترین و دیلدترین محدود و یا قدغن گردیده است. بعلاوه، از آنجا که سمپاشیهای هوایی منجر به افزایش پس ماند آفتکشها در خاک گردیده و مصرف آنها را به میزان زیادی افزایش میدهد، لذا محدودیت در بکارگیری این روش از سمپاشی، مگر در مواقع ضروری، می تواند در ارتباط با مسئله پس ماند ارزنده باشد و میزان آنرا تا حد قابل ملاحظه ای کاهش دهد. آموزش مصرف - کنندگان حشره کشها، کنترل و اجرای کامل مقررات مربوط به برچسب ظروف محتوی حشره کشها بویژه از نظر قید نحوه کاربرد از جمله عوامل بسیار مؤثر در کاهش پس ماند آفتکشها بشمار می آیند.

#### ۳-۶-۲- شخم:

در شرائطی که آفتکشهای پایدار در سطح خاک بکار میروند بایستی از انجام شخم خودداری شود و از علف کشها در دفع علفهای هرز استفاده بعمل آید، زیرا با اعمال این روش در خروج آفتکشها از خاک، چه از طریق تجزیه نوری و چه از طریق تبدیل به بخار تسریع خواهد شد. از طرف دیگر، وقتی که حشره کش با عمل شخم با خاک مخلوط میگردد می توان با اجرای شخمهای مکرر سرعت تجزیه آفتکشرا افزایش داد. ولی با 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 می رسد که انجام شخم مکرر یک روش عملی جهت کاهش پس ماند آفتکشها در خاک باشد.

#### ۴-۶-۲- آبیاری غرقابی:

آبیاری غرقابی بعنوان یکی از راههای کاهش پس ماند آفتکشها در خاک پیشنهاد گردیده است.

شواهدی در دست است که خروج حشره کشهای پایدار از خاک می تواند در آبیاری غرقابی تسریع گردد، زیرا در این شرائط (غیرهوایی)، فعالیت بعضی از موجودات زنده ذره بینی افزایش می یابد. بعنوان مثال، میتوان خروج د. د. ت را از خاک بوسیله غرقاب نمودن و تلقیح باکتری *Aerobacter aerogenes* تسریع نمود. ولی، اینکه آیا این روش می تواند در مقیاس مزرعه عملی و بکار گرفته شود، نیاز به تحقیقات بیشتری در این زمینه خواهد بود.

#### ۵-۶-۲- اضافه کردن مواد شیمیائی:

عده ای از محققین کوشیده اند تا فعالیت پس ماند آفتکشها را بوسیله اضافه کردن مواد جذب کننده بخاک کاهش دهند. یک مثال عملی از این روش اینک، با اضافه کردن ۱۱۲ تا ۴۴۸ کیلو - گرم در هکتار از کربن فعال می توان سمیت حاصل از کلردان (*chlordan*) و هپتاکلر را که بترتیب بمیزان ۱۳/۷ - ۱/۷ و ۴/۵ - ۱/۱۲ کیلوگرم در هکتار بکار گرفته می شوند از بین برد (۴۱). بر اساس شواهدی دیگر، با اضافه کردن ۴۰۰۰ ppm - ۱۰۰۰ از کربن فعال می توان جذب هپتاکلر و آلدترین را توسط نبات بمیزان معتدله ای کاهش داد. میزان کربن مورد نیاز در این آزمایش بمیزان حشره کش مصرفی، تیپ خاک و نوع محصول بستگی خواهد داشت. اگرچه این روش عملی است و میتواند بکار گرفته شود، ولی در مورد بعضی از نباتات گران تمام می شود و احتمالاً مقرون بصرفه نخواهد بود. بعلاوه، اضافه کردن مقادیر زیادی از مواد جاذب بدین معناست که، بمیزان زیادی از مواد شیمیائی نیاز خواهد بود تا بتوان آفات محصولات آینده را تحت کنترل درآورد. ضمناً، بایستی اضافه کرد که بکارگیری کربن فعال در اطراف نبات یا در ردیفهای کشت موجب خواهد شد که نبات بتواند در شرائط آلودگی خاک هم به رشد خود ادامه دهد.

## ۶-۶-۲- 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 مواد مناسبی چون کمپوست ب خاک و یا غرقاب کردن خاک جهت ایجاد شرایط غیرهوازی که مناسب فعالیت‌های میکربی است تسریع کرد. تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده است نشان می‌دهد که تجزیه د.د.ت در شرایط غرقابی و غیرهوازی سریعتر انجام شده و DDE یکی از مشتقات آنست تولید می‌گردد. ضمناً، افزودن بونجه خرد شده که بعنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار خواهد گرفت می‌تواند بر شدت عمل تجزیه بیفزاید (۴۲). شرایط غرقابی تجزیه د.د.ت را تسریع می‌کند، ولی اگر در همین شرایط خاک را بوسیله کشت باکتری (*Aerobacter aerogenes*) تلفیح کنیم سرعت عمل تجزیه بیش از پیش شدت می‌یابد. از مجموعه این آزمایشات چنین استنباط می‌شود که بکارگیری اینگونه تکنیک‌ها امکان‌پذیر است، ولی قبل از اینکه بعنوان یک راه حل عملی پذیرفته شوند لازمست که تحقیقات بیشتری در مورد آنها انجام شود.

## ۶-۶-۲- گزینش مواد شیمیائی جدید:

مواد شیمیائی غیرپایدار متعددی را توانسته‌اند جایگزین حشره‌کش‌های پایدار سازند که معمولاً هم از آنها استفاده می‌شود، منتها بعضی از آفات را نمی‌توان با مواد جایگزین شده کنترل نمود.

عده‌ای از محققین براین اعتقادند که ساختن موادی شبیه د.د.ت و دیگر حشره‌کش‌ها که از پایداری کمتری برخوردار باشند و بتوانند بوسیله عوامل بیولوژیک تجزیه شوند کاملاً امکان‌پذیر

است. ضمناً، همین محققین با ارائه یک مدل از اکرسیستم نشان داده‌اند که مواد شیمیائی جدید در سطوح بالای زنجیره غذایی متمرکز نخواهند شد.

شواهد دیگر مبنی بر اینست که گروهی از دانشمندان کوشش دارند تا فرم‌هایی 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 شرایط حجم زیاد خاک متوقف گردد، ولی با اینحال ارزش اینرا دارد که مورد مطالعه و بررسی دقیقتری قرار گیرد.

## ۳- نقش کودهای معدنی و آلی 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 قبلاً 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 توجه به این نکات در بکارگیری کودها، نه تنها ممکن است منجر به اختلال در رشد و نمو نبات موردنظر گردد، بلکه احتمالاً موجب آلودگی محیط، از نظر نباتاتی که در تناوب زراعی قرار گرفته‌اند، نیز فراهم خواهد شد.

## ۱-۳- نقش کودهای معدنی در آلودگی خاک:

چون همانطوریکه قبلاً اشاره گردید، آلودگی خاک ناشی از بکارگیری کودها از طریق تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و بالاخره بیولوژیک خاک بوجود می‌آید، لذا بدواً نقش کودهای شیمیائی در تغییر این خصوصیات بطور اجمال مورد مطالعه قرار

## ۲-۱-۱-۳- تغییر PH :

اثر کودهای شیمیائی در تغییر PH خاک را می توان بصورت زیر خلاصه کرد:

– کودهای پتاسه معمولی چون سولفات و نیترات پتاسیم تأثیر دیرپائی در اسیدتیه خاک ندارند.  
– سوپر فسفاتها نیز مانند کودهای پتاسه تأثیر پایداری در واکنش خاک نخواهند داشت، ولی ترکیبات بازی، پودراستخوان و سنگ فسفات تا حدودی می توانند اسیدتیه خاک را خنثی سازند.

– تداوم کاربرد سولفات آمونیم در خاک، بویژه در غیاب کاتیونهای کلسیم و منیزیم کاهش PH را سبب می گردد. بنابراین، اگر در چنین خاکی قرار باشد که بعداً "شیدر کشت شود، مطمئناً" موفق از کار در نخواهد آمد، زیرا اسیدتیه بالای خاک مناسب کشت شیدر نبوده و نتیجتاً محیط موجود از نظر این نوع کشت آلوده بحساب می آید و بایستی از مواد آهکی در جهت خنثی-سازی واکنش اسیدی خاک استفاده بعمل آورد. بکارگیری سولفات آمونیم در خاکهای اسیدی ممکن است همراه با کاهش فسفر و تولید مسمومیت بوسیله آلومینیم یا منگنز و یا هر دو آنها باشد.

– کلیه ترکیبات ازته که درصد ازت آنها زیاد باشد و در ترکیب آنها کاتیونهای فلزی شرکت نداشته باشند بدلیل نقش آنها در تغییر سریع اسیدتیه خاک اهمیت می یابند و توأم با آنها بایستی آهک کافی جهت خنثی سازی اسیدتیه حاصله بکار گرفته شود.

– کودهای ازته که در آنها ازت بفرم نیترات بوده و با بازهائی چون سدیم یا کلسیم ترکیب شده اند، در صورت کار-برد می توانند اسیدتیه خاک را کاهش دهند. سیانامید کلسیم هم با اینکه ازت آن بفرم نیترات نمی باشد، ولی چون حامل مقدار نسبتاً زیادی آهک است می تواند در این گروه قرار گیرد.

## ۱-۱-۳- اثر کودهای معدنی در تغییر خصوصیات شیمیائی

خاک:

بطور کلی کودهای معدنی از سه طریق خصوصیات شیمیائی خاک را تحت تأثیر قرار داده و آلودگی آنرا باعث می شوند:

– تغییر غلظت املاح

– تغییر PH

– ایجاد مسمومیت و کاهش در عناصر جزء

## ۱-۱-۳- تغییر غلظت املاح:

کاهش یا افزایش غلظت املاح محلول خاک ناشی از کاربرد کودهای شیمیائی باعث تغییر فشار اسمزی محلول خاک در حوالی ریشه نبات شده و در شرائطی که میزان آن از ۴/۵ اتمسفر تجاوز کند رشد و نمو نبات بشدت کاهش می یابد (۴۳). بنابراین، در موقع استفاده از کودها بایستی به درجه انحلال آنها توجه داشت و با افزایش آن فاصله محل کاربرد تا بستر بذر را نیز افزایش داد. عدم توجه به این نکته، بویژه در شرائط کشت خطی ممکن است خساراتی بدنبال آورد. البته اگر کودهای محلول در محل مناسب و توأم با آهک یا ژیپس جهت ترسیب ترکیبات محلول بکار گرفته شوند می توان 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 املاح محلول رشد و نمو نباتی را متأثر و دچار اختلال می سازد و در این شرائط خاک را شور می نامند (آلودگی).

### ۳-۱-۱-۱-۳- ایجاد مسمومیت و کاهش در عناصر جزء:

بکارگیری بعضی از کودهای شیمیایی همراه با کاهش در میزان عناصر جزء خاک خواهد بود. بعنوان مثال، استفاده از کودهای فسفره ممکن است منجر به کمبود روی، مس و آهن گردد. استفاده از سیانامید کلسیم بعنوان کود مگر اینکه مدتی قبل از کشت بکار گرفته شود ممکن است ایجاد مسمومیت کند. زیرا، در این فاصله سیانامید کلسیم فرصت خواهد داشت که با عمل هیدرولیز تبدیل به آهک و اوره گردد و اثر سمی خود را از دست بدهد. از سیانامید کلسیم حتی در کشتن علفهای هرز و قبل از کشت نبات می توان استفاده بعمل آورد. کاربرد کود اوره سبز به علت اینکه ازت آمونیاکی در بردارد ممکن است همراه با ایجاد مسمومیت باشد. برای جلوگیری از این امر بایستی از بکارگیری نوام آنها با بذر اجتناب بعمل آید.

کودهای آمونیم ( $NH_4$ ) 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 نتیجتاً عمل جوانه زدن را دچار اختلال می سازد. البته، نباتات مختلف دارای واکنش متفاوتی در مقابل فشار بخار آمونیاک خواهند بود.

از دیگر اثرات کودهای شیمیایی در تغییر خصوصیات شیمیایی خاک، می توان افزایش در ذخائر عناصر غذایی ازت، فسفر و پتاس نام برد. با اینکه کودها بدواً در جهت تأمین نیاز غذایی نبات و از طریق تکمیل و موازنه ذخائر غذایی خاک بکار گرفته شوند، ولی در صورت تداوم کاربرد منجر به افزایش ذخائر غذایی خاک میگردند و این امر در مورد فسفر بیشتر اهمیت پیدا می کند. تجمع ازت و پتاسیم در خاک مگر در شرایط وجود مواد آلی زیاد مشکل چندانی را بوجود نمی آورد زیرا با عمل آبشویی از دسترس خارج خواهند شد. ضمناً، لازم به یادآوریست که عمل

تثبیت عناصر در خاک که مآلاً آبشویی آنها را کاهش خواهد داد، نمی تواند بعنوان کیفیتی نامطلوب (آلودگی) بحساب آید، مگر اینکه کود مصرفی تا آنجا با خاک وارد واکنش شود که نبات نتواند از آن سودی ببرد.

### ۳-۱-۲- اثر کودهای معدنی در تغییر خصوصیات فیزیکی

#### خاک:

کیفیت خصوصیات فیزیکی خاک بیشتر بوسیله مقدار و طبیعت کلوئیدهای معدنی و میزان مواد آلی محتوای خاک مشخص و تعیین می گردد.

کاربرد کودهای معدنی نمی تواند در تغییر مقدار کلوئیدهای معدنی خاک تأثیری داشته باشد، ولی از طریق ایجاد نظام جدیدی در کاتیونهای تبادللی سطح کلوئیدی طبیعت شیمیایی آنها را شدیداً تحت تأثیر قرار میدهد. لازم به یادآوریست که نوع و مقدار کاتیونهای تبادللی بنوبه خود در خصوصیات فیزیکی رس تأثیر زیادی اعمال می کند. بعنوان مثال، تداوم کاربرد مقدار زیادی از نیترات سدیم ممکن است منجر به تغییر نامطلوب خصوصیات فیزیکی خاک گردد، زیرا نباتات رادیکال نیترات را در مقایسه با سدیم بیشتر جذب می کنند و نتیجتاً مقداری سدیم در خاک باقی می ماند که ضمن ترکیب با اسید کربنیک، کربنات سدیم را بوجود آورده و با تأثیر بر خاکدانه های خاک آنها را پراکنده می سازد. انجام این عمل منجر به کاهش حجم، خلل و فرج درشت (Macroporosity) و نفوذپذیری خاک خواهد شد.

یونهای کلسیم، منیزیم و پتاسیم با برخورداری از خاصیت عکس سدیم ذرات پراکنده خاک را بهم مرتبط ساخته (Floculation) و شرایط فیزیکی خاک را بهتر می سازند. کودهای شیمیایی نیز از طریق تأثیر در میزان ماده آلی

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

### ۳-۱-۳- 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 - شیمیائی همانند نباتات عالی از خود واکنش‌شان می‌دهند سخن بگراف برفته‌است. کلیه جانداران ذره‌بینی *Microorganism* خاک جهت فعالیت‌های سوخت و ساز (متابولیسم) و رشد و نمو خود چون گیاهان احتیاج به عناصر غذایی ازت، پتاسیم و فسفر دارند و کمبود این مواد می‌تواند 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 بدو" مورد استفاده جانداران ذره‌بینی قرار می‌گیرند و بعد نباتات از مازاد برنیاز آنها احتیاجات غذایی خود را برطرف می‌سازند. حاصل این بهره‌گیری افزایش فعالیت‌های بیولوژیک خاک و از آنجا تسریع در تجزیه و تخریب مواد آلی، افزایش آمونیفیکاسیون، نیترو-یفیکاسیون، تثبیت ازت و بالاخره افزایش مواد معدنی محلول خاک خواهد بود.

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

با توجه به آنچه گذشت می‌توان چنین نتیجه گرفت که در

بیشتر موارد تأثیر مفید کودها در تغذیه نباتی بطور غیرمستقیم از طریق تأثیر آنها بر فعالیت میکروارگانیزم‌های خاک اعمال می‌شود.

### ۲-۳- نقش ترکیبات معدنی مسموم‌کننده در آلودگی خاک

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

- آرسنیک و کادمیم بسیار سمی هستند.

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

- بر، مس، منگنز و روی نسبتاً سمی هستند.

### ۱-۲-۳- منابع ترکیبات معدنی مسموم‌کننده

بکارگیری تکنولوژی مدرن از عوامل مؤثر 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 سنگ آهک معمولاً دارای مقادیری از کادمیم، مس، منگنز، نیکل و روی بوده و بکارگیری آنها ممکن است آلودگی خاک بدنمال داشته باشد. آرسنیک نه تنها قبل از جنگ جهانی دوم بعنوان حشره کش مورد استفاده قرار میگرفته است، بلکه از آن بعد نیز مرتباً در مبارزه با آفات مورد استفاده داشته است، منتها بدلیل پایداری دراز مدت آن در محیط سعی شده است که از آن کمتر استفاده بعمل آید.

فلزات سنگین اغلب در ترکیب قارچ کش های آلی، علف کش ها و حشره کش ها شرکت دارند و از این طریق ممکن است آلودگی محیط را باعث شوند. فلزات سنگین در فاضل آب شهری و کارخانه های نیز اندازه گیری شده اند.

بنابراین، موجودیت آنها در هوا باعث خواهد شد که به طریقی وارد زنجیره غذایی شوند و در نتیجه حیات انسان و دیگر موجودات زنده را بخطر بیندازند.

۲-۲-۳- رفتار ترکیبات معدنی مسموم کننده در خاک  
میزان عناصر سمی این ترکیبات در خاک و نبات متغیر بوده و غلظت آنها می تواند عامل مهمی در بررسی رفتار آنها بحساب آید.

از آنجا که فلزات سنگین چون روی، مس، منگنز و نیکل از خصوصیات مشابهی برخوردارند، لذا کیفیت آنها در خاک تحت یک گروه مورد بررسی قرار میگردد، ولی دیگر عناصر بعلت تفاوت در ویژه گیها بطور جداگانه مطالعه و بررسی خواهند شد.

#### ۱-۲-۲-۳- روی، مس، منگنز و نیکل:

واکنش این عناصر در خاک تحت تأثیر PH میزان مواد آلی و شرایط اکسیداسیون و احیاء خاک خواهد بود. آزمایشات نشان داده است که این عناصر در شرائطی که PH خاک برابر ۶

و یا بیشتر باشد کمتر در دسترس گیاه قرار میگیرند، به ویژه اینکه اگر در فرم اکسیده و با ظرفیت بزرگتر خود ظاهر شوند. بنابراین این، مقدار زیادی از این عناصر در خاکهایی که PH آنها بالا بوده و از شرائط زهکشی خوبی برخوردار باشند نگهداشته خواهد شد. بعلاوه، تمایل کاتیونهای این عناصر به کیلاته شدن در حضور مواد آلی می تواند رفتار آنها را تحت تأثیر قرار دهد. قدرت نسبی کیلاته شدن این عناصر معمولاً بصورت زیر است (۴۴).

#### منگنز > روی > نیکل > مس

ضمناً، از آنجا که آهن با شدت بیشتری در مقایسه با این عناصر جذب می شود، لذا وجود آن در فرم محلول تمایل این عناصر را به کیلاته شدن کاهش می دهد. ولی، چون در شرائط زهکشی خوب و PH بالا احتمال اینکه آهن در فرم محلول و بمقدار زیاد وجود داشته باشد کم است، کیلاته شدن عناصر فوق با مشکل مواجه نخواهد شد.

#### ۲-۲-۲-۳- کادمیم:

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

#### ۳-۲-۲-۳- جیوه:

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

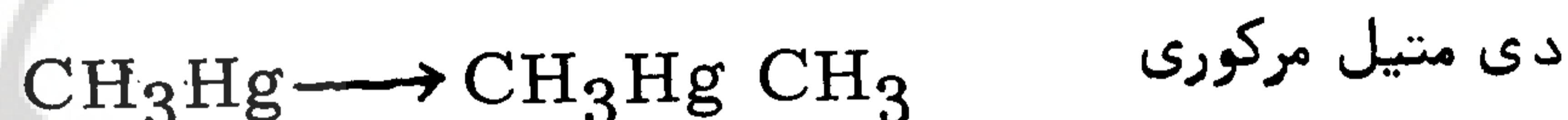
#### ۴-۲-۲-۳- سرب:

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 ترافیک سنگین و در مقایسه با نباتات دور از شاهراهها دارای مقدار زیادتری از این عنصر می‌باشند. ولی، اینکه چقدر از این ماده بر روی نبات و چقدر بر روی خاک نشست می‌کند و بالاخره میزان جذب 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 و بعد میزان جذب را بوسیله نبات اندازه‌گیری کردند به این نتیجه رسیدند که مقدار زیادی از سرب موجود در خاک در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد و نتیجتاً میزان جذب بوسیله نبات کم خواهد بود. سرب چون دیگر کاتیونهای فلزی سمی کاملاً در خاک غیر محلول است مخصوصاً در شرائطی 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 با عمق خاک منتقل نمی‌شود. بهر حال، برای اینکه میزان سربی که در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و یا بوسیله آن جذب می‌گردد کاهش یابد کافیست که بخاک آهک داده شود. البته صحت یا سقم این امر با انجام تحقیقات بیشتری معلوم خواهد گردید (۴۴).

#### ۵-۲-۲-۳- آرسنیک:

کاربرد بیش از حد آفت‌کشهای آرسنیک‌دار و در سالهای متمادی بویژه در باغات میوه منجر به تجمع تا حد سمیت آن در خاک شده است. مطالعات و بررسیهایی که در مورد کیفیت واکنش

اندازه‌گیری کنند. شاید علت امر را بتوان چنین توجیه کرد که در شرائطی از واکنش خاک، جیوه از فرم معدنی و غیر محلول، که در دسترس موجودات زنده نخواهد بود، به فرم آلی که می‌تواند بسهولت نقل و انتقال پیدا کند تعبیر خواهد کرد. بنابراین، جیوه فلزی ضمن واکنشی در بخش رسوبی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها به صورت اکسیده درمی‌آید و بعد جیوه دو ظرفیتی بوسیله موجودات زنده ذره‌بینی به متیل مرکوری تبدیل می‌شود. متیل مرکوری در آب محلول بوده و می‌تواند بوسیله ماهیها جذب و وارد زنجیره غذایی گردد. واکنشهای فوق را می‌توان بصورت زیر نشان داد:



تبدیل متیل مرکوری به دی متیل مرکوری ضمن یک واکنش بیوشیمیایی انجام می‌شود (۴۴). ظاهراً انجام واکنش بیوشیمیایی در شرائط هوایی یا غیرهوازی امکان‌پذیر خواهد بود. بنابراین، متیل مرکوری همچنانکه بطرف سطوح بالای زنجیره غذایی حرکت می‌کند تجمع می‌یابد و در بعضی از ماهیها بحد ایجاد مسمومیت میرسد.

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



سهولت بیشتری صورت می‌پذیرد. ضمناً، سمیت حاصل از هر موضعی بوده و احتمالاً کمتر از کمبود آن اهمیت دارد (۴۴).

#### ۷-۲-۲-۳- فلورین:

در نتیجه فعالیت بعضی از کارخانجات صنعتی بخار فلورید وارد اتمسفر گردیده و فلورین محتوای آن می‌تواند مستقیم و یا غیرمستقیم و از طریق تغذیه نباتاتی که فلورین بر روی آنها نشست کرده است وارد بدن حیوان گردد. چون فلورید موجود در خاک کاملاً غیرمحلول است، بنابراین اگر بوسیله خاک جذب گردد دسترسی نبات بآن محدود خواهد شد. ضمناً، با اضافه کردن آهک به خاک می‌توان درجه انحلال فلورید را بحداقل خود کاهش داد.

#### ۳-۳- جلوگیری و محدود کردن آلودگی ناشی از ترکیبات غیرآلی سمی:

آلودگی ناشی از ترکیبات غیرآلی سمی را بدو روش می‌توان کاهش داد:

- عدم یا کاهش کاربرد آنها در خاک.
- مدیریت صحیح خاک و نبات در جهت ممانعت از گردش بیشتر آنها.

#### ۱-۳-۳- کاهش کاربرد در خاک

چون دود و گاز حاصل از فعالیت کارخانجات صنعتی و وسائط نقلیه موتوری حاوی مقدار زیادی از اینگونه ترکیبات هستند و بدو "آلودگی هوا" 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 کاهش داده شود. ضمناً، در کاربرد آفتکش‌ها، کودها، آب‌آبیاری

آرسنیک در خاک و جذب آن بوسیله نبات انجام شده است نشان می‌دهد که آرسنیک همانند فسفات در خاک عمل می‌کند و لذا میزان جذب آن بوسیله نبات چندان زیاد نخواهد بود. ولی، فرم آنیونی آن ( $ASO_4^{--}$ ) 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 آرسنیک مورد توجه قرار گیرد.

علیرغم ظرفیت و پتانسیلی که خاک در نگهداری ارسنات‌ها دارد، کاربرد ارسنات‌ها در یک دوره طولانی منجر به ایجاد سمومیت برای نباتات حساس گردیده است.

اگرچه میزان آرسنیک موجود در نسوج نبات کشت شده در خاکی که در آن ارسنات‌ها زیاد بکار رفته است، در حدی نیست که حیوانات را مسموم سازد، ولی باعث خواهد شد که نبات رشد طبیعی خود را ز دست بدهد.

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

#### ۶-۲-۲-۳- بُر:

آلودگی خاک بوسیله بر می‌تواند از طریق آب آبیاری که حاوی مقدار زیادی از این عنصر می‌باشد 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 نسبتاً در خاک محلول بوده و می‌تواند از طریق آبخوئی از دسترس نبات خارج شود و مخصوصاً انجام این فرآیند در خاک‌های شنی اسیدی با

و فضولات جامد که حاوی اینگونه مواد هستند کاهش قطعی بوجود آید. بنابراین، تصمیم‌گیران بایستی توجه داشته باشند که اگر از آلودگی خاک بوسیله ترکیبات غیرآلی سمی جلوگیری بعمل نیاید، در این شرایط این منبع با ارزش طبیعی می‌تواند به نابدی کاشانده شود.

### ۲-۳-۳- کاهش در گردش؛

مدیریت خاک و محصول می‌تواند بعنوان عاملی مؤثر در کاهش دادن گردش دائمی این مواد بشمار آید. در اجرای این سیاست بایستی سعی بر آن باشد که موجبات نگهداری این مواد بوسیله خاک فراهم گردد و بوسیله نبات جذب نگردند، زیرا در اینصورت این مواد در خاک تجمع یافته و از انتقال آنها به نبات و از آنجا به حیوان یا انسان که بدان طریق مواد سمی اثر خود را اعمال می‌کنند جلوگیری بعمل خواهد آمد. برای انجام اینکار تکنیک‌های متعددی ارائه شده است که از آنجمله می‌توان افزایش PH خاک و اضافه کردن آهک بخاکهای اسیدی را نام برد، زیرا در شرایط PH زیاد این مواد تحرک کمی داشته و کمتر می‌توانند در دسترس نبات قرار گیرند و در شرایط اسیدی عمل آهک دادن این عدم تحرک را تسریع می‌سازد.

زهکشی خاکهای مرطوب نیز می‌تواند کاملاً مؤثر افتد، چونکه در مورد عده‌ای از عناصر سمی اشکال اکسیده شده آنها نسبت به اشکال احیائی کمتر محلول بوده و نتیجتاً کمتر در دسترس نبات قرار می‌گیرند. کاربرد فسفات زیاد دسترسی نبات را باین عناصر کاهش می‌دهد، منتها امکان دارد که بر روی ارسنیک که بشکل آنیونی در خاک یافت می‌شود اثر عکس داشته باشد. عمل آبشویی می‌تواند بر زیادی موجود در خاک را نقل و انتقال دهد، اگرچه جابجائی بر و انتقال آن از خاک به آب که مآلاً آلودگی آنرا باعث میشود ممکنست منطقی و سودمند نباشد.

مواد سمی می‌توانند بوسیله نباتات از خاک استخراج و جذب شوند و از این نظر گونه‌ها و حتی واریته‌های مختلف نباتی دارای استعداد های متفاوتی هستند. البته، اگر نباتات خوراک انسان و حیوان را تشکیل می‌دهند بایستی از تجمع این مواد در آنها خودداری بعمل آید. بنابراین، نباتات علوفه‌ای بایستی در مرحله رشد کامل برداشت شوند، زیرا در این مرحله دارای حداقل مواد سمی می‌باشند.

از آنچه گذشت می‌توان به نقش مدیریت خاک و محصول در کاهش آلودگی ناشی از مواد سمی غیرآلی کاملاً پی‌برد و آنرا بعنوان عاملی کارآمد تلقی نمود.

### ۴- آلودگی خاک ناشی از فضولات آلی؛

پتانسیل آلودگی فضولات آلی اعم از اینکه خانگی، صنعتی یا روستائی باشند زیاد بوده و نتیجتاً می‌تواند بعنوان یکی از عوامل مؤثر آلوده کننده منابع آب و خاک و در شرایطی هوا به شمار آیند.

در ایالات متحده آمریکا میزان تولید سالانه فضولات مختلف بشرح زیر مورد تخمین قرار گرفته است:

- فضولات خانگی یک تن به ازاء هر نفر.

- فضولات صنعتی میلیونها تن.

- فضولات حیوانی ۲ بلیون تن.

از جمع فضولات حیوانی  $\frac{2}{3}$  آن در محل‌های تغذیه دام و 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 قابل تجزیه بوسیله فعالیت‌های میکربی و نیترات می‌باشد. ذخیره نیترات در سطح خاک محل تغذیه دام بیشتر از سطح خاک منطقه زراعی بوده و میزان آن در هر دو مورد با عمق کاهش می‌یابد.

بنابراین، اگر چنین آبی به جریانات رودخانه‌ای بپیوندد و یا در دریاچه‌ها و دریاها واریز گردد آلودگی آب را باعث گردیده و حیات موجودات آبی و از آنجمله ماهیها را بمخاطره می‌اندازد. فضولات حیوانی می‌توانند در شرایط خشک و از طریق پراکندگی در هوا بوسیله جریان باد آلودگی هوا را نیز موجب شوند.

#### ۱-۱-۴- استفاده از فضولات آلی در کشاورزی

##### مزایا :

تا قبل از عرضه کودهای شیمیایی در بازار کشاورزی از فضولات آلی در تقویت و حاصلخیزی خاک استفاده بعمل می‌آمد و یک کشاورزی موفق همیشه توأم با کاربرد کودهای حیوانی بوده است. بعلاوه، با اینکه با عرضه کودهای شیمیایی در بازار کودهای حیوانی اعتبار و اهمیت اولیه خود را از دست دادند، ولی شواهد موجود نشان می‌دهد که رشد و نمو نباتی در شرایط بکارگیری توأم کودهای شیمیایی و حیوانی بمراتب بیشتر از زمانیست که کودهای شیمیایی 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 غذایی مورد نیاز نباتات هستند، در بهسازی کیفیت فیزیکی خاک نیز ایفاگر نقش مهمی بوده و شرایط را برای فعالیت‌های میکروبی خاک و جذب بیشتر عناصر غذایی موجود در کودهای شیمیایی بوسیله نبات بهتر می‌سازد.

آزمایشات متعدد مبنی بر اینست که بخش جامد فاضل آب کارخانجات حاوی مقادیر زیادی از عناصر تغذیه نباتی بوده و بهمین لحاظ از آنها در شرایط مناسب بعنوان کود استفاده بعمل می‌آید. ضمناً، 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 نتیجه فعالیت بعضی از کارخانجات علاوه بر فضولات آلی مقدار زیادی نیز گاز آمونیاک تولید گشته و در فاصله زمانی کوتاهی بوی مشمئزکننده آنها تمام فضای اطراف را در بر می‌گیرد و نتیجتاً آلودگی هوا را باعث می‌گردند. بعلاوه، صرف نظر از آلودگی هوا ناشی از این عوامل روزانه مقادیر زیادی آمونیاک که از آن در ساختن بیشتر کودهای ازته استفاده بعمل می‌آید از دست می‌رود که این خود مسئله ایست حائز کمال اهمیت و درخور توجه البته، گاز آمونیاک حاصله ممکن است دوباره بوسیله خاکهای اطراف یا بوسیله آب باران جذب و مآلاً از طریق جریانات سطحی به منابع مختلف آب ملحق گردد.

#### ۱-۴- موارد کاربرد فضولات آلی :

فضولات آلی می‌توانند در دو مورد زیر مورد استفاده قرار گیرند:

۱- اضافه کردن بخاکهای زراعی در جهت افزایش حاصلخیزی

آنها.

۲- تخلیه و دفن آنها در خاکهای غیرزراعی.

هر دو روش مزایا و معایبی دارند و بکارگیری آنها در شرایط بخصوص تابع عوامل اقتصادی و بیولوژیک می‌باشد.

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:

– کمک به افزایش تولید.

– 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 بر بکارگیری فضولات آلی در کشاورزی جنبه اقتصادی قضیه است، زیرا مگر در شرائطی که مزرعه نزدیک محل تجمع این مواد باشد هزینه حمل و نقل و کاربرد آنها از هزینه معادل کودهای شیمیایی بمراتب زیادتر خواهد شد، بویژه اینکه حجیم بودنشان باعث خواهد شد که در مواقع نقل و انتقال فضای زیادی را اشغال کنند. بعلاوه، فضولات آلی در مقایسه با کودهای معدنی دارای مواد غذایی کمتری بوده و نتیجتاً نمی‌توانند احتیاجات غذایی 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 نیاز غذایی نباتات مورد استفاده قرار گیرند احتمال 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 پتاسیم بوده و کاربرد آنها بایستی با توجه به این نکته و نیاز غذایی نبات و همچنین میزان عناصر مختلف غذایی موجود در خاک انجام شود والا ممکن است 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 بیشتر کارخانجات (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 تولید میگردند، لذا ممکن است فلزات سنگین محتوای آنها احیاء گردیده و نتیجتاً پتانسیل آلودگیشان افزایش یابد. بعنوان مثال، می‌توان تولید متیل مرکوری را در این شرائط نام برد.

بنابراین، قبل از بکارگیری فضولات صنعتی در خاک، بایستی اطمینان حاصل کرد که آلودگی آنها باعث نخواهند شد. در این 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 ممکن است از نظر فیزیکی شیمیایی و بیولوژیک کاملاً 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 مورد استفاده قرار میگیرد. با اینحال، از آنجا که نمی توان جایی مناسبتر از خاک برای تخلیه فضولات مختلف اعم از شهری یا روستائی پیدا کرد و بعلاوه اضافه کردن آنها به خاک ارزشترین راه تخلیه آنهاست، لذا امکان اینکه در آینده باز هم جنبه اقتصادی قضیه مورد توجه قرار گیرد بسیار کم است.

۲- ۱- ۴- بکارگیری زمین بعنوان انبار فضولات آلی؛  
مزایائی که می توان برای بکارگیری خاک بعنوان انبار فضولات آلی برشمرد بشرح زیر است:

- ظرفیت پذیرش زیاد خاک برای موادی که به آن اضافه می شوند.

- تجزیه و تخریب بخشی از این مواد بر وسیله فعالیتهای میکربی خاک.

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

بهر حال بیشتر اقتصادی خواهد بود که خاک بعنوان انبار فضولات بکار رود تا اینکه با انجام کشاورزی بر روی آنها و تولید محصول بر بار موجود افزود، زیرا خاک خود بخود محل انبار آنها خواهد بود. بعلاوه، وقتی کشاورزی مطرح نباشد، با توجه به ظرفیت خاک مواد مختلف به آن اضافه می شود، 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 می توان به صورت زیر خلاصه کرد:  
- آلودگی خاک ناشی از فلزات سنگین و دیگر عناصر سمی محتوای آنها.

- آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی ناشی از آلودگی سطحی و آبشویی فضولات بویژه از نوع دارنده نیترات در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب.

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

- 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) - مطالعات مقدماتی طرح جامع حفظ نباتات ، گزارش مرحله اول ، جلد چهارم ، موسسه مهندسين مشاور طالقانی - دفتری - 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 مهندسين مشاور طالقانی - دفتری - اسفند ماه ۲۵۳۳ .
- (8) G.B. Weirisma 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, (1970)
- (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).

