کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
IRNCID
IRANIAN NATIONAL COMMITTEE ON IRRIGATION & DRAINAGE

مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی

ترجمه و تدوین:
گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره انتشار : ۷٤
زمستان ۱۳۸۱

مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی

گروه کار:

سیستم‌های آبیاری در سطح مزرعه

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره انتشار: ۷۴ ـ ۱۳۸۱

مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی

تهیه‌کننده:

ادوین دی اونگلی

نظام نظارت بر محیط زیست جهانی (GEMS)

مرکز همکاری‌های آب

مرکز آب‌های داخلی کانادا

بورلینگتون ـ کانادا

مترجم:

محمدرضا شریعتی

بازخوانی و ویرایش:

مهرداد عدل **سعید نی‌ریزی**

ناصر مهردادی

آنگلی، ادوین
Ongley, Edwin D.
مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی/ مترجم شریعتی؛ ویراستار سعید نی‌ریزی، مهرداد عدل.– تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۲.
۱۶۸ ص.: جدول.
ISBN 964 - 6668 - 42 - 9
فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیپا.
عنوان اصلی: Control of Water Pollution From Agriculture
کتابنامه: ص. [۱۴۳] – ۱۵۶.
۱. کشاورزی – آلودگی. ۲. آب – آلودگی. ۳. کشاورزی – تأثیر بر محیط زیست. ۴. آب – مدیریت کیفیت. الف. شریعتی، محمدرضا، مترجم. ب. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ج. عنوان.
TD ۱۹۵ /ک۵آ۸ ۶۲۸/۱۶۸۴
۱۳۸۲
کتابخانه ملی ایران ۸۲ – ۶۱۷۷ م

نام کتاب: مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی
مترجم: محمدرضا شریعتی
ویراستار: مهرداد عدل، سعید نی‌ریزی، ناصر مهردادی
ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
حروف چینی و صفحه آرایی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
چاپ اول: ۱۳۸۱
تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه
شابک: ۹ ـ ۴۲ ـ ۶۶۶۸ ـ ۹۶۴
نشانی: تهران، خیابان شهید دستگردی، خیابان شهید کارگزار، خیابان شهید شهرساز، پلاک ۲۴، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۷۲۲۸۵

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

Control of Water Pollution From Agriculture

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Working Group on "On – Farm Irrigation Systems"

ISBN: **964 – 6668 – 42 – 9**

Written By:

Edwin D. Ongley

Translated By:

M. R. Shariatee

Edited By:

M. Adl ***S. Nairizi***

N. Mehrdadi

Control of Water Pollution From Agriculture

Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

No. 74 - 2003

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تهران ـ خیابان وحید دستگردی (ظفر) ـ خیابان شهید کارگزار ـ خیابان شهرساز

پلاک ۲۴ ـ طبقه دوم تلفن: ۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۷۲۲۸۵

E-mail: irncid@neda.net.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

سرآغاز ..... ج
پیشگفتار ..... ح
تشکر و قدردانی ..... د

فصل اول
مقدمه‌ای بر آلودگی آب‌های کشاورزی ۱

فصل دوم
آلودگی به وسیله رسوبات ۳۱

فصل سوم
کودها به عنوان آلاینده‌های آب ۶۳

فصل چهارم
آفت‌کش‌ها به عنوان آلاینده‌های آب ۸۹

فصل پنجم
خلاصه و پیشنهادات ۱۱۵

منابع ۱۴۳

ضمیمه
اقسام و صورت آفت‌کش‌ها ۱۵۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

۱- دسته‌بندی کانون‌های نامتمرکز آلودگی ۶
۲- منابع عمده تخریب کیفیت آب در ایالات متحده ۱۳
۳- درصد ارزیابی شده از طول رودخانه‌ها و مساحت دریاچه‌های تحت اثرات زیست محیطی ۱۴
۴- تعداد ایالاتی که در آنها آلودگی آب‌های زیرزمینی گزارش شده است ۱۴
۵- اثرات کشاورزی بر کیفیت آب ۱۷
۶- آلودگی ۳۲ رودخانه در تایلند ۲۷
۷- مدل‌های منابع نامتمرکز کشاورزی ۴۳
۸- مقادیر برگزیده از میزان فرسایش خاک ۵۱
۹- افزایش در میزان رسوب‌گذاری به علت تغییر در کاربری زمین ۵۲
۱۰- تأثیر مقیاس مکانی بر ارزیابی حوضه‌ها ۵۵
۱۱- برآورد هزینه سالانه برای فعالیت‌های برگزیده مدیریت مهار فرسایش خاک در ایالات متحده آمریکا ۶۱
۱۲- رابطه بین میزان غنی‌سازها و مشخصه‌های دریاچه ۶۴
۱۳- پارامترهای سنجش و پایش پدیده خوراک‌وری (اوتروفیکاسیون) ۶۵
۱۴- مقادیر برگزیده از تلفات مواد مغذی ۷۰
۱۵- تلفات نسبی نیتروژن و فسفر ناشی از شسته شدن (درصد تغییر میان حالت بدون کود و با کود) ۷۰
۱۶- تاریخچه توسعه آفت‌کش‌ها ۹۲
۱۷- نسبت وجود آفت‌کش‌های منتخب که در پیوند با رسوبات معلق هستند ۱۰۲
۱۸- آفت‌کش‌های انتخاب شده برای پروتکل بین‌المللی "آلاینده‌های آلی پایدار" (POPs) ۱۳۹

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

۱- اولویت‌بندی پیچیدگی‌های مشکلات وابسته به کشاورزی در کیفیت آب ۱۰
۲- جریان برگشتی آب آلوده حاصل از آبیاری مناطق وسیعی در جنوب آلبرتا، کشور کانادا ۱۹
۳- تغییرات در میزان نیترات در آب‌های کم عمق مناطق از کشور سری لانکا که تحت کشاورزی انبوه و متمرکز قرار دارد ۲۰
۴- نمودار اجمالی نشان‌دهنده فرآیندهای مهم ارتباط بارندگی و رواناب ۳۶
۵- فرسایش شدید شیاری در مناطق کشاورزی جنوب برزیل ۴۰
۶- ارتباط بین سطح زیر زهکشی و نسبت رسوب‌گذاری ۴۰
۷- ایستگاه اندازه‌گیری فرسایش در صحرای نگر، اسرائیل ۴۹
۸- رویش جلبک در دریاچه‌ای در مرغزارهای کانادا به علت هرزآب‌های کشاورزی توده‌های جلبک در سطح ساحل دیده می‌شود. ۶۶
۹- توسعه مصرف کود و رشد بازده محصول در کشورهای آسیا، اروپا، آمریکای لاتین و ایالات متحده ۷۱
۱۰- چرخه نیتروژن در خاک ۷۴
۱۱- تصویر شماتیک نیتروژن و فسفراز دست رفته ۷۴
۱۲- کشت متکی بر آب در مناطق دریاچه‌ها در جنوب شیلی ۸۷
۱۳- آشکارشدن آترازین، نوعی علف‌کش پرمصرف در آب سطحی، به دوره بلافاصله پس از کاربرد آن محدود می‌شود ۱۰۳
۱۴- نمونه صفحات اول و دوم برنامه Manure Wizard بر روی صفحه کامپیوتر ۱۳۳
۱۵- مقیاس‌های جغرافیایی مختلف که می‌تواند از طریق برنامه مشاوره ارزیابی منطقه‌ای Express مورد استفاده قرار گیرد. ۱۳۶

فهرست کادرها

عنوان **صفحه**

۱- تعریف فائو از توسعه کشاورزی پایدار ۲
۲- کشاورزی و فاجعه دریای آرال ۲۳
۳- یک برنامه نمونه در امر تصمیم‌گیری ۲۸
۴- رسوبات و تخریب صخره‌های مرجانی ۳۴
۵- جداسازی اثرات کشاورزی و اثرات صنعت بر کیفیت آب حوزه لاپلاتا در آمریکای جنوبی ۷۹
۶- مثال‌های منطقه‌ای در مورد اثرات بوم شناختی ۱۰۰
۷- اطلاعات آفت‌کش‌ها ۱۰۹
۸- قانون بین‌المللی نظارت بر استفاده و توزیع آفت‌کش‌ها ۱۱۴
۹- تبصره الحاقی به بیانیه واشنگتن در مورد حفاظت محیط زیست ساحلی در مقابل فعالیت‌های انجام شده در خشکی ۱۴۱

سرآغاز

توسعه کشاورزی برای پاسخگویی به نیاز روزافزون غذا، امری اجتناب‌ناپذیر است. اما در کنار آن، پیامدهایی ناخواسته و نامطلوب برای زندگی انسان‌ها و محیط زیست رخ می‌دهند که نیازمند چاره‌جویی و اصلاح می‌باشند. از جملهٔ مهمترین پیامدهای نامطلوب توسعه کشاورزی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است که در نتیجهٔ عوامل متعددی مانند فرسایش خاک و کاربرد بی‌رویه کود و سموم پدید می‌آید. در کشور ایران هم مواردی از این دست را می‌توان یافت که گاه سبب بروز مشکلات جدی برای ساکنین محلی شده‌اند. چنانچه راهکارهای مناسب مدیریتی در کشور به اجرا در نیایند، در آینده شاهد معضلات بزرگتر و پیچیده‌تری همچون مرگ آبزیان، گسترش بیماری‌های ناشی از آب آلوده و تخریب تالاب‌ها و رودخانه‌ها خواهیم بود. کتاب حاضر که نشریه شماره ۵۵ سازمان خواربار ملل متحد (فائو) است، به بحث درباره عوامل آلایندهٔ آب در بخش کشاورزی، چگونگی آلوده شدن آب، تجارب جهانی در این زمینه و راهکارهای جبرانی و پیشگیرانه می‌پردازد. این کتاب توسط آقای دیوید د. اونگلی از «مرکز همکاری‌های آب کانادا» گردآوری و تدوین شده و در سال ۱۹۹۶ به چاپ رسیده است. امید است کتاب حاضر برای کارشناسان، پژوهشگران و علاقه‌مندان سودمند واقع شود.

در اینجا جا دارد از تلاش کلیه همکاران که در آماده‌سازی این کتاب زحمات زیادی متقبل گردیده‌اند، به ویژه سرکار خانم زهره آقابیک که تایپ و صفحه‌آرایی این مجموعه را بر عهده داشته، تشکر و قدردانی بعمل آید.

سید اسدالله اسدالهی

دبیرکل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیشگفتار

آلودگی محیط زیست یک مسئله مهم جهانی است. زمانیکه عوامل آلاینده آب ذکر می‌شوند، عامل کشاورزی درصدر قرار دارد که مرتباً در حال شدت گرفتن است. همگام با تلاش در جهت استفاده بهینه از منابع آب، نیاز به جستجو درباره عوامل تقلیل‌دهنده کیفیت آب نیز حس می‌شود. تا زمانیکه عوامل و دلایل کافی از طریق تحقیق و بررسی بدست آید، نظرات متضاد و متفاوتی توصیه می‌گردد و برنامه‌های کنترل آلایندگی در استفاده از منابع محدود ناکارآمد می‌شوند.

دانسته‌های موجود نشان می‌دهد که فعالیت‌های کشاورزی عامل اصلی تقلیل کیفیت آب است که عموماً از طریق ریختن چندین گونه مواد مختلف به درون آب رخ می‌دهد. رسوبات، آفت‌کش‌ها، ادرار حیوانات، کودها و دیگر مواد آلی و معدنی. بسیاری از این مواد آلاینده از رواناب سطحی و نفوذ گسترده به درون آب‌های سطحی و زیرزمینی منتقل می‌گردند و از اینرو به کانون‌های آلاینده گسترده و نامتمرکز[1] نامیده می‌شوند. تشخیص، اندازه‌گیری و مهار کانون‌های آلاینده نامتمرکز در مقایسه با کانون‌های آلاینده متمرکز (نقطه‌ای)[2] نسبتاً دشوارتر است.

هدف سازمان خواربار ملل متحد (فائو)[3]، بالا بردن سطح تغذیه و استاندارد زندگی مردم است و برای تحقق این هدف سعی در بهبود تولید محصول و امنیت غذایی دارد. فائو توسعه مستمر را هدف خود قرار داده و از اینرو اولویت بالایی را به توسعه کشاورزی داده است. بهمین منظور، این سازمان نقش حساس آب در توسعه کشاورزی را مد نظر قرار داده و برنامه جامع و منظم توسعه و مدیریت منابع آب را اجرا می‌نماید. یکی از حوزه‌های عملکرد این برنامه، مدیریت کیفیت آب است که شامل کنترل آلودگی آب ناشی از عملیات کشاورزی به ویژه به دلیل منابع آلاینده نامتمرکز است.

1- Non-point sources
2- Point sources
3- FAO

در چارچوب این برنامه منظم سازمان است که برنامه گردآوری راهکارهای کنترل و مدیریت آلودگی آب‌های کشاورزی آغاز شده است. هدف این کار تعیین ماهیت و پیامدهای عملیات کشاورزی بر کیفیت آب و فراهم نمودن چارچوبی برای اقدامات عملی است که باید توسط دست‌اندرکاران مربوطه و تصمیم‌گیرندگان در مورد کنترل آلودگی آب به اجرا درآیند.

بنا به تشخیص سازمان، فراهم آوردن چنین رهنمودهایی تنها آغاز راه برای کمک به کشورهای عضو برای ایجاد ظرفیت و تحقق برنامه‌های کنترل آلودگی آب ناشی از کشاورزی است چنین رهنمون‌هایی انتشار یافته و در اختیار کشورها عضو و سازمان‌های منطقه‌ای و بین‌المللی قرار می‌گیرد امید آن می‌رود که این تلاش، در کارگاه‌های منطقه‌ای و ملی دنبال گردد و بودجه اضافه‌ای برای این هدف در نظر گرفته شود.

سازمان در جمع‌آوری مطالب برای این نشریه خود را مدیون مرکز آب‌های داخلی کانادا، سازمان محیط زیست کانادا و نظرات کارشناسی دکتر اونگلی[1] می‌داند.

1-E.Ongley

تشکر و قدردانی

این نشریه به عنوان مطالب مکملی بر آنچه فائو در مورد مدیریت آب در چارچوب توسعه مستمر و امنیت غذایی انجام داده، جمع‌آوری گردیده است. این چارچوب در پی کنفرانس محیط زیست و توسعه در سال ۱۹۹۲ و ارتباط با برنامه‌های مدیریت آب دیگر بنگاه‌های تخصصی سازمان ملل مثل یونپ[۱]، سازمان بهداشت جهانی[۲]، سامانه جهانی پایش زیست محیطی[۳] تعیین گردید.

نویسنده تشکر خود را از کمک و همکاری متخصصان فائو اعلام می‌دارد که با نظرات و همکاری خود و توصیه مراجع مفید، زمینه را برای شکل‌گیری چنین چارچوبی فراهم آوردند نویسنده به ویژه کمال تشکر را از شورایعالی مرکب از آقایان دکتر آروموگان کاندیا[۴] هانس ولتر[۵] و رابرت برینکمن[۶] که در شاخه توسعه آب و زمین همکاری دارند ابراز می‌دارد. آقای دکتر دسموند[۷] از دانشگاه اکستر[۸] مطالب جمع‌آوری شده را مرور نموده و ما را با پیشنهادات و نظرات خود یاری داد. همچنین قدردانی خود را از بسیاری از کارکنان فائو که در تصحیح نسخه‌های اولیه ما را یاری دادند اعلام می‌دارم. از آقای ج. کامفنیس[۹] به خاطر ویراستاری مدارک جمع‌آوری شده و از خانم ردفرن[۱۰] برای صفحه‌بندی مطالب و آماده‌سازی آن برای چاپ تشکر و قدردانی می‌نمایم.

1- UNEP
2- WHO
3- GEMS
4- Arumugan Kandiah
5-Hans Wolter
6- Robert Brinkman
7- Dessmond
8- Exeter
9- J.G Kamphnis
10- C. Redfern

قسمت‌های مربوط به موضوعات اطلاعاتی و مدیریت منسجم بستر رودخانه‌ای حاصل تجربیات نویسنده از شرکت در برنامه‌های آبی یونپ، بهداشت جهانی و سامانه جهانی پایش زیست محیطی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه است. مطالب مربوط به سیستم اطلاعات زیست محیطی حاصل همکاری آقای دکتر دیوید لام[1] و گروه او در مرکز آب‌های داخلی کانادا و دکتر دیوید سوین[2] از دانشگاه گوئلف[3] است.

1- David Lam
2- David Swain
3- Guelph

فصل اول

مقدمه‌ای بر آلودگی آب‌های کشاورزی

بعد از دسترسی به آب آشامیدنی، دسترسی و تأمین غذا اصلی‌ترین و مقدم‌ترین اولویت است. از این رو کشاورزی یک عامل اساسی و بخش غالب اقتصاد جهانی است. مکانیزه شدن کشاورزی در بسیاری از کشورها به افت شدید در تعداد نفرات شاغل در حرفه کشاورزی نسبت به سایر مشاغل انجامیده است، با این وجود فشار موجود برای تولید غذا کافی تأثیر بسیار گسترده‌ای بر شیوه کار و حرفه کشاورزی داشته است. در بسیاری از کشورها، این فشار به پیشروی در زمینه‌های حاشیه‌ای انجامیده که معمولاً برای امرار معاش در حد گذران زندگی انجام می‌گیرد. در برخی کشورهای دیگر، نیاز به غذا توسعه آبیاری و افزایش مداوم استفاده از انواع کودها آفت‌کش‌ها را به منظور دستیابی به محصول بیشتر در پی داشته است.

فائو در سال ۱۹۹۰ در سیاست‌گذاری آب برای توسعه کشاورزی پایدار و در کنفرانس سازمان ملل در مورد "محیط زیست و توسعه آن"[1] در دستور جلسه ۲۱، فصل‌های ۱۰ و ۱۴ و ۱۸[2]، ادامه تلاش برای ایجاد امنیت غذایی در قرن بیست و یکم را مورد تأکید قرار داده است.

کشاورزی پایدار از مهمترین چالش‌ها است. مقوله پایداری در کشاورزی نه تنها امنیت تولید و دوام بی‌وقفه محصولات غذایی را تضمین می‌کند بلکه مسائل اجتماعی، اقتصادی و سلامت انسان را نیز مد نظر قرار می‌دهد و در حیطه برنامه‌های توسعه ملی به شمار می‌رود. تعریف فائو از کشاورزی پایدار در شرح شماره ۱ آمده است.

---

1 -UNCED
2 -UNCED,1992

کادر ۱ ـ تعریف فائو از توسعه کشاورزی پایدار

توسعه پایدار عبارت است از مدیریت و حفاظت از منابع طبیعی پایه و جهت دادن به تغییرات فن‌آوری و سازمانی به گونه‌ای که پیوسته پاسخگوی نیازهای بشر برای زمان حال و همچنین نسل‌های آینده باشد. این چنین توسعه پایداری (در زمینه کشاورزی، جنگل‌داری، و بخش‌های شیلات) محافظ زمین، آب، گیاهان و منابع ژنتیکی حیوانات است و صدمات زیست محیطی به دنبال ندارد و از نظر فنی مناسبی به لحاظ اقتصادی کارآمد و از دیدگاه اجتماعی قابل قبول است.

کشاورزی همواره به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده منابع آب شیرین. یعنی حدود ۷۰ درصد کل منابع آب‌های استحصالی در جهان، به شمار رفته است. به جز مواردی همچون تبخیر و تعرق که نوعی از دست رفتن آب محسوب می‌شوند، آب‌های کشاورزی همواره در زنجیره‌ای به آب‌های سطحی و سفره‌های زیرزمین باز می‌گردد.

با این حال کشاورزی هم عامل و هم قربانی آلودگی آب است به خاطر تخلیه مواد آلوده‌کننده و رسوبات به آب‌های سطحی و یا زیرزمینی، به خاطر از بین بردن خاک در راهبری‌های ناکارآمد کشاورزی و به دلیل شور و غرقابی شدن زمین‌های تحت آبیاری، کشاورزی می‌تواند قربانی آلودگی آب شود. استفاده از فاضلاب و آب‌های سطحی و زیرزمینی آلوده باعث آلودگی محصول شده و موجب انتقال امراض از محصولات به مصرف‌کننده‌ها و همچنین کارگران مزرعه می‌گردد. کشاورزی در بطن همزیستی بین زمین و آب شکل می‌گیرد، فائو در سال ۱۹۹۰ در این باره تصریح کرده است که "گام‌های درستی در جهت حصول اطمینان از این امر که فعالیت‌های کشاورزی تأثیر نامطلوبی بر کیفیت آب نداشته باشد باید برداشته شود تا استفاده‌های بعدی از آب برای مقاصد دیگر لطمه‌ای نبیند"

ساگاردی[1] در سال ۱۹۹۳ موارد عملی برای کشاورزی در زمینه کیفیت آب را بطور خلاصه بیان نموده است.

1- Sagardoy, FAO 1993a

- پایه‌گذاری و بکارگیری سامانه پایش کیفی آب با هزینه برای مطلوب برای استفاده از آب‌های کشاورزی.
- پیشگیری از پیامدهای نامطلوب کشاورزی بر کیفیت آب برای سایر فعالیت‌های اجتماعی- اقتصادی و بر روی تالاب‌ها، علاوه بر کاربرد بهینه نهاده‌های سطح مزرعه و به حداقل رساندن مصرف نهاده‌های خارجی در فعالیت‌های کشاورزی.
- تعریف و تدوین ضوابط و معیارهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب برای مصرف‌کنندگان آب‌های کشاورزی و زیست بوم‌های دریایی و رودخانه‌ای.
- جلوگیری از فرسایش خاک و رسوب‌گذاری
- دفع مناسب فاضلاب‌ها از مناطق و مجتمع‌های مسکونی و کود حاصل از دامداری و پرورش دام متمرکز
- به حداقل رساندن اثرات مخرب مواد شیمیایی کشاورزی با بکارگیری مدیریت منسجم و نظام یافته در دفع آفات
- آموزش انجمن‌ها و جوامع درباره اثرات آلودگی حاصل از کاربرد کودها و مواد شیمیایی بر کیفیت آب و سلامت غذا.

این نشریه بطور قابل توجهی به نقش کشاورزی در حیطه کیفیت آب شیرین می‌پردازد. مباحثی از قبیل رسوبات، آفت‌کش‌ها، مواد غذایی و عوامل بیماریزا با توجه به اثراتشان بر روی محیط زیست و سلامت عموم مجزا می‌گردند و از پیامدهای مناسب و قانونی برخوردارند. توصیه‌های گوناگونی درباره فنون ارزشیابی و کنترل اندازه‌گیری‌ها در بردارد. بیشتر منابع علمی در مورد اثرات کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی حاصل کار کشورهای پیشرفته است اما یافته‌های علمی و اصول مدیریتی عموماً در کل جهان قابل اجرا هستند. این نشریه اثرات صنایع غذایی را بر کیفیت آب مورد بحث قرار نمی‌دهد چرا که اینها در زمره کانون‌های متمرکز آلاینده به شمار می‌آیند و عموماً در حیطه کنترل از راه ضوابط مربوط به فاضلاب مطرح می‌شوند.

کیفیت آب به عنوان یک موضوع کلی

کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آب شیرین در مقیاس جهانی و به عنوان عامل تنزل کیفیت منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی از طریق فرسایش خاک و مواد شیمیایی آن، باعث شده تا به عنوان یکی از عوامل دخیل در کیفیت آب مورد توجه قرار گیرد.

صنایع فراورده‌های غذایی ـ کشاورزی نیز یک منبع عمده آلودگی آلی در اکثر کشورها هستند. کشت درون آب[1] در حال حاضر به عنوان یکی از مشکلات بزرگ در آب شیرین، مصب رودخانه‌ها و زیست محیط ساحلی تعریف شده که منجر به پدیده "خوراک‌وری"[2] و سرانجام تخریب این زیست بوم می‌شود. ابعاد اصلی مشکلات زیست محیطی و بهداشتی مربوط به کیفیت آب شیرین در سطح جهانی به شرح زیر مورد تأکید قرار گرفته‌اند.

- سالانه پنج میلیون نفر در اثر بیماری‌های ناشی از آب آلوده جان خود را از دست می‌دهند.
- اختلال در زیست بوم و از دست رفتن تنوع زیستی
- آلودگی زیست بوم دریایی ناشی از فعالیت‌های ساحلی
- آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی
- آلودگی‌های جهانی ناشی از آلاینده‌های آلی پایدار

براساس پیش‌بینی کارشناسان، از آنجا که رقیق‌سازی دیگر علاج و چاره رفع آلودگی نیست، در بسیاری از کشورها، کیفیت آب شیرین در اوایل قرن آینده محدودیت اصلی توسعه پایدار محسوب خواهد شد. این "بحران" بنا به پیش‌بینی متخصصان، ابعاد جهانی زیر را به دنبال خواهد داشت:

- کاهش منابع غذایی پایدار (آب شیرین و شیلات) به دلیل آلودگی
- اثر فزاینده مدیریت ضعیف منابع آب به دلیل اطلاعات ناکافی در مورد کیفیت آب در بسیاری از کشورها.

---

1 -Aquaculture
2 -Eutrophication

- بسیاری از کشورها دیگر قادر به کنترل آلاینده‌ها از طریق رقیق‌سازی نخواهند بود که این امر منتهی به انباشت بیشتر آلاینده‌های آب خواهد شد.
- صعود چشمگیر هزینه‌های جبرانی آلاینده‌ها و اتلاف اعتبارات

از دست رفتن واقعی و بالقوه فرصت‌های توسعه به واسطه تغییر مسیر اعتبارات مالی و بودجه به سمت جبران خسارات ناشی ازآلاینده‌ها در بسیاری از کشورها تجربه شده است. در نشست سال ۱۹۹۴ کارشناسان در مورد کیفیت آب و مدیریت کیفی که به دعوت کمیسیون اقتصادی و اجتماعی آسیا و اقیانوس آرام (اسکاپ)[1] تشکیل گردید، نمایندگان آسیا بیانیه‌ای را مورد تصویب قرار دادند مبنی بر اینکه آسیب‌های ناشی از آلودگی آب بر فرصت‌های اقتصادی در سطح ملی و بین‌المللی مورد ارزیابی واقع شود تا تأثیر واقعی بحران نگران‌کننده آب مد نظر قرار گیرد. جالب توجه است که کانون توجه نمایندگان اعزامی به نشست اسکاپ، به نمایش گذاشتن بعد اقتصادی اثرات آلودگی آب بر توسعه پایدار بود نه اثرات زیست محیطی آن. توان بازپرداخت اعتبارات (به گفته ماتیوس[2]) از اهمیت زیادی برخوردار است چرا که مؤسسات وام‌دهنده توجه زیادی به هزینه‌های جبران آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های اقتصادی دارند. موضوع اصلی این است که اگر هزینه جبران‌سازی از سود اقتصادی بیشتر باشد، طرح‌های توسعه دیگر توان بازپرداخت را نخواهند داشت. این امر توسعه کشاورزی پایدار را برای رسیدن توسعه پایدار اقتصادی در راستای برنامه‌ریزی کلان بخش‌های مختلف اقتصادی اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. این نگرش جامع به مدیریت منابع آب در سیاست‌گذاری بانک جهانی در ۱۹۹۳ در مورد توسعه منابع آب نیز مورد تأکید قرار گرفته است.

آفت‌کش‌های قدیمی‌تر کشاورزی که از ترکیبات کلر هستند از طریق اثرات سمی بر روی بافت‌های زنده در بسیاری از موارد بهداشت و سلامت انسان دخیل بوده‌اند و موجب اختلالات عمده در زیست بوم در سطح وسیع گردیده‌اند. استفاده از این آفت‌کش‌ها در حال حاضر در بسیاری از کشورهای پیشرفته ممنوع است و تلاشی

1 -ESCAP
2 - Matthews, 1993

بین‌المللی در جهت ممنوع‌سازی جهانی آلاینده‌های آلی پایدار تحت عنوان یک تفاهم نامه در جریان است.

به عنوان مثال برای یکی از این تلاش‌ها می‌توان از کنفرانس بین‌المللی در مورد مسئله محافظت از محیط زیست دریائی در مقابل فعالیت‌های ساحلی نام برد که مشترکاً به دعوت واشنگتون دی سی و "یونپ"[1] در سال ۱۹۹۵ انجام گرفت (اطلاعات بیشتر در این مورد در فصل ۵ آمده است).

جدول شماره ۱: دسته‌بندی کانون‌های نامتمرکز آلودگی (عنوان‌های پررنگ شده مربوط به فعالیت‌های کشاورزی هستند)

کشاورزی علوفه دام آبیاری کشت و زرع مراتع صنایع تولید لبنیات باغات میوه کشت درون آب	فاضلاب ناشی از تمامی موارد کشاورزی که منتهی به آلودگی سطحی و آب‌های زیرزمینی می‌گردد در اقلیم‌های شمالی، رواناب حاصل از زمین‌های یخزده مشکل اصلی است به خصوص جاهایی که در فصل زمستان کودپاشی گردیده است. کشت سبزیجات و شستشوی آنها در آب‌های سطحی آلوده که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه انجام می‌گیرد عامل اصلی آلودگی منابع غذایی است. رشد کشت درون آب در بسیاری از کشورها می‌رود که به فعالیتی آلاینده مبدل شود. جریان آب برگشتی ناشی از آبیاری، نمک‌ها، مواد مغذی و آفت‌کش‌ها را با خود حمل می‌کند .شبکه زهکشی سریعاً زه آب‌هایی نظیر نیتروژن را به آب‌های سطحی منتقل می‌کند.	فسفر، نیتروژن، فلزات، عوامل بیماریزا، رسوبات، آفت‌کش‌ها، نمک، BOD[2]، عناصر کمیاب (مثل سلنیوم)
جنگلداری	فرسایش ناشی از بر هم زدن پوشش گیاهی در حال افزایش است. مخرب‌ترین عامل، جنگل‌زدایی به منظور شهرسازی می‌باشد.	رسوبات، آفت‌کش‌ها
دفع پسماندهای مایع	دورریزی مایعاتی مانند فاضلاب شهری، فاضلاب‌های صنعتی و فاضلاب سیستم‌های سپتیک خانگی. خصوصاً ریختن آن در زمین‌های کشاورزی و دفع قانونی و یا غیر قانونی آنها در منابع آب	عوامل بیماریزا، فلزات، ترکیبات آلی
مناطق شهری مسکونی تجاری صنعتی	رواناب سطحی سقف منازل، خیابان‌ها، پارکینگ‌ها و غیره که منتهی به لبریز شدن ظرفیت واحدهای فاضلاب از شبکه‌های مختلط یا رواناب آلوده می‌شود که مستقیماً به منابع آب وارد می‌شود، در این بین صنایع محلی و یا تجاری احتمال دارد که فاضلاب خود را به جوی‌های خیابان‌ها و زهکش‌های آب باران بریزند. شستن خیابان‌ها و نمک‌پاشی جاده‌ها می‌تواند به آلوده‌سازی آب‌های زیرزمینی و سطحی کمک کند.	کودها، گریس و روغن، بقایای مدفوعی و عوامل بیماریزا، آلاینده‌های آلی (مانند PAH[3] و PCB[4])، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها، مواد مغذی، رسوبات و نمک‌ها BOD،COD و غیره

1 -UNEP
2 -Biochemical Oxygen Demand
3 -Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
4 -Plycyclic Chlorinated Bi-phenyls

ادامه جدول ۱-

سیستم‌های فاضلاب روستایی	سرریزشدن و یا خرابی سیستم‌های فاضلاب که می‌تواند باعث به وجود آمدن فاضلاب سطحی و یا رسوخ مستقیم آن به داخل آب‌های زیرزمینی گردد.	نیتروژن، فسفر و عوامل بیماریزا
حمل و نقل	جاده‌ها، راه‌آهن، خطوط لوله، آبراهه‌های برقآبی و غیره	مواد مغذی، رسوبات، فلزات، ترکیبات آلی، آفت‌کش‌ها (به خصوص علف‌کش‌ها)
استخراج معادن	فاضلاب ناشی از معادن و زباله‌های معدنی، معادن سنگ و حفر چاه	رسوبات، اسیدها، فلزات، روغن‌ها، آلاینده‌های آلی، نمک‌ها
استفاده‌های تفریحی از زمین	بسیاری از کاربری‌های تفریحی از زمین‌ها مثل پیست‌های اسکی، قایقرانی و کشتیرانی، کمپ‌ها، پارک‌ها. زباله‌ها و آب آلوده قایق‌های تفریحی به خصوص در دریاچه‌ها و رودخانه‌های کوچک از عمده آلاینده‌ها به شمار می‌رود. شکار (آلودگی سرب در پرندگان آبزی)	مواد مغذی، آفت‌کش‌ها، رسوبات، عوامل بیماریزا، فلزات سنگین
دفع مواد زائد جامد	آلوده‌سازی آب‌های زیرزمینی و سطحی توسط شیرابه‌ها و گازها. زباله‌های خطرناک ممکن است که به شیوه مدفون‌سازی در زیرزمین دفع شوند.	مواد مغذی، فلزات، عوامل بیماریزا، ترکیبات آلی
لایروبی	پخش کردن رسوبات آلوده، نشت از مناطق انباشت	فلزات، آلاینده‌های آلی
دفع در چاه‌های عمیق	آلوده‌سازی آب‌های زیرزمینی از طریق تزریق پسماندهای مایع به درون چاه‌های عمیق به خصوص مناطق نفت‌خیز و پسماندهای صنعتی مایع	نمک‌ها، آلاینده‌های آلی، فلزات سنگین
تخریب نیوار (اتمسفر)	ترابری دورپیمای آلاینده‌های اتمسفر (LRTAP)[1] و تخریب سطح زمین و آب‌ها، منبع عمده این آلاینده‌ها، آفت‌کش‌های زراعی، کودها، فلزات و غیره هستند، به خصوص در محیط‌های بکر و دست نخورده.	مواد غذایی، فلزات، آلاینده‌های آلی

(منبع: کمیسیون مشترک بین‌المللی، ۱۹۷۴، و منابع دیگر)

تعریف آلاینده با کانون نامتمرکز

آلودگی آب بدون منبع متمرکز که زمانی با نام «منابع آلاینده پراکنده یا مبهم» خوانده می‌شد، از طیف وسیعی از فعالیت‌های انسانی نشأت می‌گیرد که در آن آلاینده‌ها منبع ورودی قابل مشاهده و معینی ندارند و وارد منابع آب‌های پذیرنده می‌گردند. در مقابل، آلاینده‌ها با کانون متمرکز ناشی از فعالیت‌هایی هستند که در آن

1 -Long-Ranged Transport of Atmospheric Pollutants

فاضلاب مستقیماً به درون منابع آب ریخته می‌شود. بطور مثال، لوله‌های دفع فاضلاب که میزان آلودگی آنها به راحتی قابل اندازه‌گیری و کنترل است واضح است که یافتن آلودگی با منبع نامعین و اندازه‌گیری و کنترل آن بسیار مشکل‌تر از منابع آلوده‌کننده با منبع معین است در این زمینه باید از بکار بردن کلمه «پراکنده» پرهیز شود چرا که در ایالات متحده برداشت قانونی از این کلمه وجود دارد و به عنوان انواع خاصی از کانون‌های متمرکز شناخته شده است.

در ایالات متحده، بنگاه حفاظت محیط زیست[1] سیستم صدور مجوز برای دفع آلاینده‌ها در منابع آب را در نظر گرفته است. بنابراین، در آن کشور، منابع نامتمرکز شامل هرگونه منبع آلاینده‌ای که تحت عنوان قانونی منابع متمرکز(آنچنان که در بخش ۵۰۲- ۱۴ تعریف شده) نباشد قلمداد می‌گردد. این موضوع در لایحه «آب پاک» (لایحه کیفیت آب) سال ۱۹۸۷ تصریح شده است:

واژه کانون متمرکز (نقطه‌ای) به معنی هرگونه منبع قابل تشخیص، محدود و با انتقال مجزا، که شامل موارد زیر بوده ولی محدود به آنها نمی‌شود: لوله، چاهک، کانال، تونل، چاه، شیار مجزا، کانتینر، وسیله نقلیه چرخدار، واحد دامداری متمرکز، قایق یا هر گونه شناور دیگر که از طریق آنها آلاینده‌ها دفع شده یا احتمالاً می‌شوند. این تعریف آب‌های برگشتی زراعی و هرزآب‌های ناشی از بارندگی در زمین‌های کشاورزی را در بر نمی‌گیرد.

دفع هرزآب‌های کشاورزی به این دلیل نام برده شد که نشان داده شود که رواناب آلوده ناشی از کشاورزی عمدتاً در طول زمانی که آب در سطح در جریان است رخ می‌نماید. با این وجود حتی در ایالات متحده نیز مرز بین منابع متمرکز و نامتمرکز می‌تواند خیلی نامحسوس باشد همانطور که «نووتنی»[2] و «اولم»[3] در سال ۱۹۹۴ اظهار کردند، این واژه‌ها بیشتر معنی حقوقی دارند تا مفهوم فنی.

براساس قرارداد در بسیاری از کشورها، تمامی انواع فعالیت‌های کشاورزی و کاربری زمین، از جمله دامداری به عنوان کانون‌های نامتمرکز در نظر گرفته شده‌اند.

---

1 -US –Environmental Protection Agency(US-EPA)
2 - Novotny
3 - Olem

مشخصات اصلی منابع نامتمرکز عبارتند از اینکه آنها به شرایط هیدرولوژیکی (آب‌شناختی) واکنش نشان می‌دهند، به راحتی و مستقیماً قابل سنجش و کنترل نیستند (و بنابراین برای قانونمند کردن آنها مشکل وجود دارد) و تمرکز آنها بر روی زمین و امور مدیریتی وابسته به آن دشوار است. کنترل کانون‌های متمرکز در کشورهایی که برنامه‌های کنترل مؤثری در اختیار دارند به وسیله قوانینی مربوط به کنترل فاضلاب اجرا می‌شود که معمولاً باید به همراه اخذ مجوز باشد. در مقابل، کنترل کانون‌های نامتمرکز به خصوص در کشاورزی از طریق آموزش و پیشبرد روش‌های مدیریتی مناسب اصلاح کاربری زمین‌ها صورت می‌گیرد.

دسته‌بندی کانون‌های آلاینده نامتمرکز

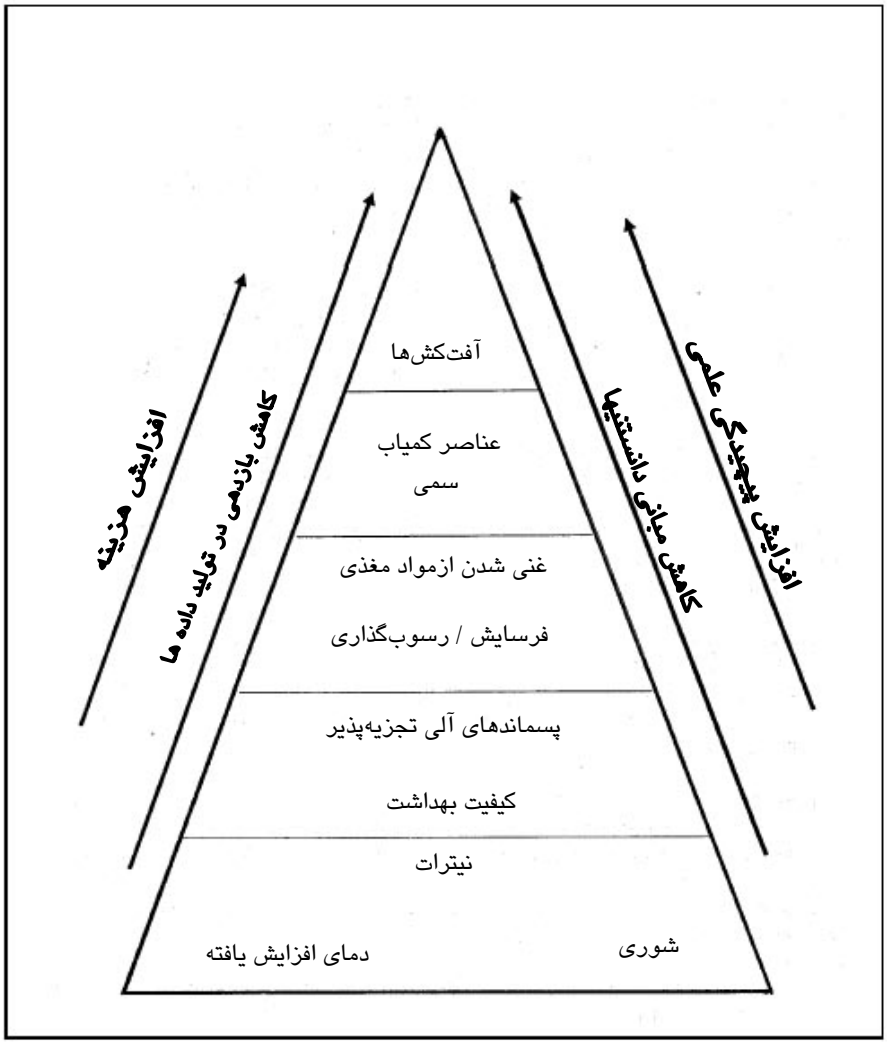
پیشگیری و اصلاح کاربری زمین

جدول (۱) دسته‌بندی کانون‌های نامتمرکز آلاینده و چگونگی ایفای نقش آنها را در آلایندگی نشان می‌دهد. کشاورزی تنها یکی از انواع عوامل آلاینده با منبع نامعین است، با این حال عموماً به عنوان یکی از بزرگترین شرکای تولید آلاینده‌ها در تمام دسته‌ها محسوب می‌شود.

میدان و قلمرو مشکل

آلاینده‌های آب، بدون در نظر گرفتن منابعشان، بر سطح زمین و در درون خاک توسط آب باران و برف‌های ذوب شده حمل می‌شوند. این آلاینده‌ها نهایتاً به درون آب‌های زیرزمینی، زمین‌های نمناک، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و در آخر به صورت ته‌نشست و مواد شیمیایی حمل شده توسط رودخانه‌ها به اقیانوس‌ها برده می‌شوند. همانگونه که در ادامه بحث خواهد شد ـ تأثیر اکولوژیکی این آلاینده‌ها ماهی‌ها، پرندگان، پستانداران و انسان‌ها را به خطر می‌اندازد.

طیف و پیچیدگی نسبی آلاینده‌های کشاورزی با منابع غیر معین در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل (۱)- اولویت‌بندی پیچیدگی‌های مشکلات وابسته به کشاورزی در کیفیت آب

کانادا و آمریکا مشترکاً تحقیقی را در دهه ۱۹۷۰ برای شناسایی منابع آلاینده متمرکز و نامتمرکز در کلیه بسترهای دریاچه‌های بزرگ انجام دادند که بدون شک قدیمی‌ترین، ولی به نوبه خود کاملترین تحقیق در این زمینه است. این تحقیق به خاطر

نگرانی عموم از افت کیفیت آب " از جمله گزارش‌هایی درباره اینکه دریاچه اری[1] مرده است"، و وجود مدارک آشکاری همچون توده‌های جلبک‌ها و ازدیاد علف‌های آبی تسریع بخشیده شد.

از نظر علمی، وضعیت دریاچه «اری» گونه‌ای از شرایط غنی شدگی[2] آب بود که به معنی زیاد شدن مواد غذایی در آب است و وضعیت خوارک وری[3] در دریاچه اونتاریو رخ داده بود که به خاطر زیاد شدن فسفر و وارد شدن آن به قسمت‌های پائینی دریاچه‌های بزرگ از طریق منابع‌آلاینده متمرکز و نامتمرکز بود. این دو کشور تحت یک کمیسیون مشترک بین‌المللی دو جانبه، «مجموعه مراجع آلودگی‌های حاصل از فعالیت‌های کاربری زمین» موسوم به «پلوآرگ»[4] را پایه‌گذاری کردند که به عنوان نیرو محرکه عملی برای یک تحقیق ده ساله درباره منابع آلاینده در کل حوضه آبریز دریاچه‌های بزرگ در نظر گرفته شد و به تغییرات عمده‌ای در زمینه کنترل منابع آلاینده متمرکز و نامتمرکز ختم شد. یکی دیگر از نتایج این مطالعه، افزایش بی‌سابقه در فهم علمی اثرات فعالیت‌های کاربری زمین بر کیفیت آب را به همراه داشت. این کار که در دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ انجام شد هنوز نیز در بسیاری از نقاط دنیا می‌تواند موضوع منابع آلاینده نامتمرکز را در برگیرد.

تحقیق «پلوآرگ» از طریق تحلیل داده‌ها در مورد رودخانه‌ها و دریاچه‌های بزرگ از مطالعات دقیق و تجربی بر روی نمونه شاخه‌های فرعی رودخانه‌ها و تحقیق در مورد عملیات کشاورزی در دو سطح محلی و دفتری انجام گرفت و نشان داد که عوامل آلاینده با کانون نامتمرکز بطور عام و کشاورزی بطور خاص، عوامل عمده و اصلی آلودگی دریاچه‌های بزرگ هستند از طریق ارزشیابی یافته‌ها در مورد کانون‌های متمرکز و نامتمرکز آلاینده‌ها در دریاچه‌های بزرگ، «پلوآرگ» برنامه‌ای تلفیقی را ارائه کرد که در آن تعدیل کاربری اراضی و کنترل منابع آلاینده متمرکز مد نظر قرار گرفته‌اند. هر دو دولت فدرال و دولت ایالتی با انجام پیشنهادات ارائه شده به

---

1 - Erie
2 -Hypertophic
3- Eutrophic
4 - PLUARG

این نتیجه رسیدند که در دو دریاچه پایینی و همچنین دریاچه‌هایی که بیشترین اثرات را از آلودگی گرفته بودند (اری و اونتاریو)، بهبود چشمگیری صورت گرفته است. این تغییرات در کیفیت آب و در زیست بوم‌های وابسته در طول یک دهه گذشته مشهود است. یک عامل بسیار چشمگیر در بخش کشاورزی، میزان بالای مشارکت مردمی و آموزش بود. در بسیاری از موارد، تغییرات عمده در فعالیت‌های کشاورزی از طریق تفهیم این مطالب به کشاورزان که با اصلاح مدیریت کاربری اراضی سود اقتصادی بیشتری عایدشان می‌گردد، تحقق پذیرفت.

در بسیاری از کشورهای صنعتی جهان، تمرکز بر روی کانون‌های متمرکز آلاینده همواره به صورت سنتی در مدیریت کنترل آلودگی آب وجود داشته است. در ایالات متحده به عنوان نمونه‌ای از کشورهای صنعتی، جنبه‌های اقتصادی تشدید قانون‌گذاری برای کانون‌های متمرکز آلایندگی در معرض چالش می‌باشد به خصوص در زمینه اثرات ناشی از کانون‌های نامتمرکز که در میان آنان، کشاورزی بزرگترین و فراگیرترین اثرات را دارد. در حال حاضر عقیده عموم بر این است که علی‌رغم میلیون‌ها دلاری که بر روی کنترل منابع آلاینده متمرکز سرمایه‌گذاری می‌شود، بدون کنترل کانون‌های نامتمرکز آلاینده‌ها، پیشرفت بیشتری در زمینه بهبود کیفیت آب حاصل نخواهد شد. در این متن، قابل ذکر است که کشاورزی خود به عنوان اصلی‌ترین موضوع کانون‌های نامتمرکز محسوب می‌شود. جدول (۲)، نتایج حاصل از تحقیق بنگاه حفاظت محیط زیست آمریکا[1] را در سال ۱۹۹۴ نشان می‌دهد. این جدول نشانگر درجه افت کیفیت آب در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و مصب رودخانه‌هاست.

ایالات متحده یکی از چند کشوری است که بطور منظم آمار مربوط به افت کیفیت آب توسط آلاینده‌ها با کانون متمرکز را ثبت می‌کند. در گزارش مربوط به سال ۱۹۸۶ خود که به کنگره تسلیم شد، بنگاه حفاظت از محیط زیست ایالات متحده گزارش کرد که ۶۵ درصد از رودخانه‌های مورد ارزیابی در ایالات متحده کانون‌های نامتمرکز آلایندگی متأثر هستند. این بنگاه مجدداً در آخرین گزارش خود، کشاورزی را به

1 -US-EPA

عنوان اصلی‌ترین مخرب کیفیت آب رودخانه و دریاچه‌های ایالات متحده بر شمرد و همچنین از نظر اهمیت در تخریب کیفیت آب مصب رودخانه‌ها، آنرا از اهمیت سوم برخوردار دانست. در جدول (۳) نیز کشاورزی به عنوان سرچشمه انواع مختلف آلاینده‌ها نشان داده شده است. رسوبات، کودها و آفت‌کش‌ها که چهار رده مهم اول را اشغال کرده‌اند همگی صرفاً ناشی از عملیات کشاورزی هستند. همچنانکه این یافته‌ها از اهمیت بسیار زیاد عامل کشاورزی در آلودگی آب در ایالات متحده حکایت می‌کنند، این درجه‌بندی ممکن است نسبت به شدت کانون‌های متمرکز آلاینده و وضعیت کنترل آنها در کشورهای مختلف تغییر یابد. ولی باید توجه داشت که تغییرات در رده‌بندی تنها نشان‌دهنده این امر است که عملکرد کنترل منابع متمرکز آلاینده موفق نبوده و از اهمیت منابع آلاینده‌های کشاورزی در آلودگی آب نمی‌کاهد.

آمار موجود در جدول شماره (۳) تأکیدی بر اهمیت کشاورزی به عنوان عامل مهم آلاینده است. ۷۲ درصد ازرودخانه‌ها و ۵۶ درصد از دریاچه‌های مورد ارزیابی، همگی از آلودگی مربوط به کشاورزی متأثر بوده‌اند این یافته‌ها باعث شد تا بنگاه حفاظت محیط زیست آمریکا چنین عنوان کند که کشاورزی مهمترین عامل تخریب رودخانه و دریاچه‌های ملی است و...

جدول ۲- منابع عمده تخریب کیفیت آب در ایالات متحده

درجه	رودخانه‌ها	دریاچه‌ها	مصب رودها
۱	کشاورزی	کشاورزی	کانون‌های متمرکز شهری
۲	کانون‌های متمرکز شهری	رواناب‌های شهری، هرزآب‌های ناشی از بارندگی	رواناب‌های شهری، هرزآب‌های ناشی از بارندگی
۳	رواناب‌های شهری، هرزآب‌های ناشی از بارندگی	عوامل هیدرولوژیک، تغییر مسکن طبیعی	کشاورزی
۴	بهره برداری از منابع	کانون‌های متمرکز شهری	کانون‌های متمرکز صنعتی
۵	کانون‌های متمرکز صنعتی	فاضلاب‌های محلی	بهره برداری از منابع

جدول ۳- درصد ارزیابی شده از طول رودخانه‌ها و مساحت دریاچه‌های تحت اثرات زیست محیطی

منبع آلودگی	رودها (٪)	دریاچه‌ها (٪)	ماهیت آلاینده	رودها (٪)	دریاچه‌ها (٪)
کشاورزی	۷۲	۵۶	لای و رسوب	۴۵	۲۲
کانون‌های متمرکز شهری	۱۵	۲۱	موادمغذی	۳۷	۴۰
رواناب شهری و هرزآب بارندگی	۱۱	۲۴	عوامل بیماریزا	۲۷	
بهره برداری از منابع	۱۱		آفت‌کش‌ها	۲۶	
کانون‌های متمرکز صنعتی	۷		غنی شدن از مواد آلی	۲۴	۲۴
جنگل‌کاری	۷		فلزات	۱۹	۴۷
عوامل هیدرولوژیک و تغییر محل سکونت	۷	۲۳	ترکیبات آلی زیانبار		۲۰
دفع فاضلاب محلی		۱۶			
تغییر دبی جریان		۱۳			

جدول ۴- تعداد ایالاتی که در آنها آلودگی آب‌های زیرزمینی گزارش شده است. (حداکثر ممکن ۵۰ است)

آلاینده	تعداد ایالات	آلاینده	تعداد ایالات
نیترات	۴۹	ترکیبات آلی فرار	۴۸
فراورده‌های نفتی	۴۶	فلزات	۴۵
آفت‌کش‌ها	۴۳	نمک/ شوری	۳۷
ترکیبات آلی مصنوعی	۳۶	ارسنیک	۲۸
سایر ترکیبات	۲۶	سایر مواد شیمیایی کشاورزی	۲۳
مواد رادیواکتیو	۲۳		
سایر مواد معدنی	۱۵	فلوراید	۲۰

از دهه ۱۹۷۰ در اروپا نیز نگرانی فزاینده‌ای در مورد ازدیاد نیتروژن، فسفات و ترکیبات آفت‌کش در آب‌های سطحی و زیرزمینی شکل گرفته است. کشت انبوه و دامداری‌های ماشینی، همانطور که پیش از این در سال ۱۹۸۰ از سوی فرانسویان نیز اعلام شده بود. به این نتیجه انجامیده که کشاورزی مهمترین منبع نامتمرکز دخیل در آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است. یونپ در سال ۱۹۹۶ در آخرین مقایسه‌ای که میان منابع آلاینده خانگی، صنعتی، کشاورزی در حوزه کشورهای مدیترانه انجام داد به این نتیجه رسید که کشاورزی منبع اصلی رسوبات و ترکیبات فسفر است.

جامعه اروپا به وسیله بخشنامه (91/676/ EEC) در مورد "حفاظت از آب‌ها در برابر آلودگی با نیترات‌های حاصل از کشاورزی" نسبت به موضوع واکنش نشان داد. این وضعیت در فرانسه منجر به تشکیل یک کمیته مشاوره‌ای به منظور کاهش آلودگی ناشی از ترکیبات نیترات و فسفات ناشی از کشاورزی گردید. این کمیته تحت نظر مقامات وزارت کشاورزی و وزارت محیط زیست عمل می‌کند.[1]

کشاورزی همچنین به عنوان عامل منجر به آلودگی منابع آب زیرزمینی در ایالت متحده ذکر شده است و در سال ۱۹۹۲، چهل و نه ایالت از ۵۰ ایالت آمریکا، نیترات را به عنوان آلاینده عمده منابع آب زیرزمینی خود تشخیص دادند که در جدول شماره ۴ رده آفت‌کش‌ها نزدیک به آن قرار دارد. بنگاه حفاظت محیط زیست در سال ۱۹۹۴ چنین نتیجه‌گیری کرد که: «بیش از ۷۵٪ از ایالات گزارش داده‌اند که فعالیت‌های کشاورزی تهدیدکننده اصلی کیفیت آب‌های زیرزمینی هستند».

در تحلیلی که در تالاب‌ها و زمین‌های باتلاقی انجام گرفت، همین سازمان در سال ۱۹۹۴ گزارش داد که: «کشاورزی مهمترین نوع کاربری اراضی است که باعث تخریب تالاب‌ها می‌گردد».

بدست آوردن اطلاعات همانند در کشورهای دیگر دشوار است و یا اصولاً به صورت سامان یافته جمع‌آوری و گزارش نمی‌شوند. با این حال گزارش‌های بی‌شمار حاکی از این است که موارد مشابه در دیگر کشورهای پیشرفته و در حال توسعه وجود داد.

1- Ignazi,1993

اثرات کشاورزی بر کیفیت آب

انواع اثرات

همانگونه که در جدول (۵) نشان داده می‌شود، اثرات کشاورزی بر کیفیت آب انواع مختلفی دارند. اثرات مهمتر با جزئیات بیشتری در فصل‌های بعد به تفصیل به بحث گذاشته خواهند شد.

اثرات آبیاری بر کیفیت آب‌های سطحی

بنا به پیش‌بینی سازمان ملل در مورد ازدیاد جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵، یک افزایش ۴۰ تا ۴۵٪ درصدی در میزان تولید غذا لازم است. کشاورزی فاریاب که در حال حاضر ۱۷٪ از کل اراضی کشاورزی را تشکیل می‌دهد و ۳۶٪ کل غذای دنیا را تولید می‌کند، در آینده سهم اصلی هرگونه راهبرد در افزایش تأمین غذای جهان را بر عهده خواهد داشت. در حال حاضر ۷۵٪ از اراضی کشاورزی در کشورهای در حال توسعه قرار دارند که تخمین زده می‌شود تا سال ۲۰۰۰ به ۹۰٪ خواهد رسید.

علاوه بر مشکلاتی نظیر غرقابی شدن، بیابان‌زایی، فرسایش و شور شدن اراضی که مناطق آبیاری‌شونده را تحت تأثیر قرار می‌دهند، معضل افت کیفیت آب در نواحی پایین دست در اثر نمک‌ها، مواد شیمیایی کشاورزی و شیرابه‌های سمی، از جمله مشکلات جدی زیست محیطی به حساب می‌آید. شورشدگی منابع آب پدیده گسترده و مهمی است که توجه به آن نسبتاً جدید است و شاید در مقایسه با شورشدگی خاک، از اهمیت بیشتری در توان پایداری آبیاری برخوردار باشد. در واقع تنها در چند سال گذشته مشخص شده است که اجزاء سمی و کمیاب نظیر سلنیم، مولیبدن و ارسنیک در زه آب‌های کشاورزی به واسطه آلودگی که ایجاد می‌کنند، تهدید جدی‌تری برای دوام آبیاری در برخی از طرح‌ها به حساب می‌آیند (اقتباس از لیتی و همکاران[1] در گزارش رودز[2]، ۱۹۹۳).

1 -Letey et al.
2- Rhoades

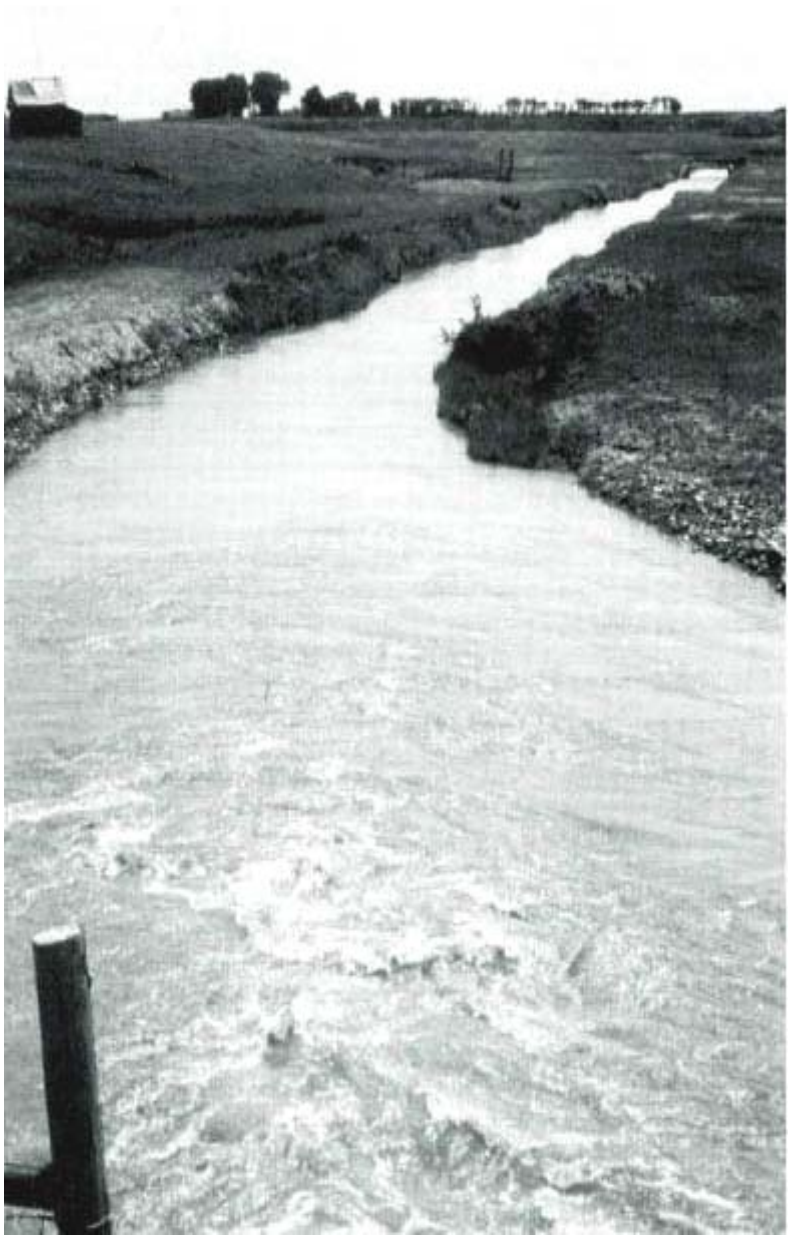
جدول (۵)- اثرات کشاورزی بر کیفیت آب

نوع فعالیت کشاورزی	اثرات	
	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی
شخم- کشت بذر و نشاء	رسوب‌گذاری و کدورت: حمل ترکیبات فسفر و آفت‌کش‌ها توسط رسوبات. ته‌نشست گل ولای در بستر رودخانه‌ها و از بین رفتن زیستگاه طبیعی آن برای تخم‌ریزی آبزیان و...	
کود دادن	رواناب مواد مغذی به خصوص فسفر که منجر به خوارک‌وری (یوتریفیکاسیون) شده و باعث طعم و بوی بد منابع آب می‌شود، رشد بیش از حد جلبک‌ها که باعث اکسیژن زدایی و مردن ماهی‌ها می‌گردد.	رسوخ نیترات در آب‌های زیرزمینی، حد بالای آن تهدیدی برای سلامت عمومی به شمار می‌رود.
پخش فضولات دامی	به عنوان یک روش در غنی‌سازی زمین بکار می‌رود. پخش بر زمین یخ‌زده منجر به بالا رفتن حد آلودگی و نفوذ عوامل بیماریزا، فلزات، فسفر و نیتروژن در آب‌های پذیرنده می‌شود که به نوبه خود باعث پدیده "خوارک‌وری" و آلودگی بیشتر می‌شود.	آلودگی منابع آب زیرزمینی به خصوص از طریق نیتروژن
آفت‌کش‌ها	جریان رواناب آفت‌کش‌ها به آلودگی آب‌های سطحی و موجودات زنده منطقه منجر می‌شود. اختلال در زیست بوم آب به خاطر نبود جانوران شکارگر که به واسطه اختلال در رشد و تولید مثل به وجود می‌آید. آسیب به سلامت عمومی به خاطر مصرف ماهی‌های آلوده. آفت‌کش‌ها همچون گرد و غبار توسط باد تا مسافت‌های بسیار دور برده شده و تا هزاران کیلومتر دورتر را آلوده خواهند ساخت. (برای مثال آفت‌کش‌های مناطق حاره و نیمه حاره در پستانداران مناطق قطبی یافته شده‌اند)	برخی از این آفت‌کش‌ها در منابع آب‌های زیرزمینی رسوخ کرده و با آلوده کردن چاه‌ها، سلامت عمومی را مورد تهدید قرار می‌دهند.

ادامه جدول (۵)- اثرات کشاورزی بر کیفیت آب

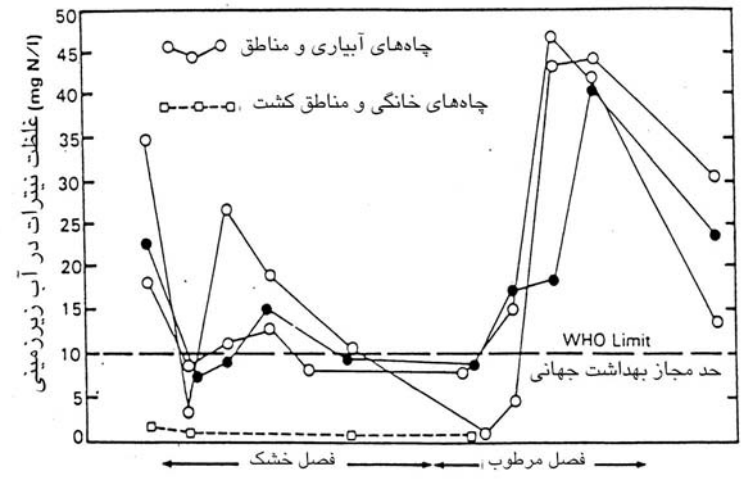
نوع فعالیت کشاورزی	اثرات	
	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی
اصطبل‌های حیوانات و آخورها	آلودگی آب‌های سطحی توسط بسیاری از عوامل بیماریزا مانند باکتری‌ها و ویروس‌ها که باعث مشکلات مزمن در سلامت عمومی شده و همچنین آلودگی توسط فلزات موجود در ادرار و مدفوع.	نفوذ بالقوه نیتروژن و فلزات و غیره به درون آب‌های زیرزمینی
آبیاری	رواناب حاوی نمک به شورشدگی آب‌های سطحی می‌انجامد، رواناب حاوی کودها و آفت‌کش‌ها به آب‌های سطحی که باعث تخریب اکولوژیکی و تجمع آنها در انواع ماهی‌های خوراکی و دیگر آبزیان می‌شود، سطح بالای عناصر کمیاب همچون سلنیم باعث آسیب‌های جدی اکولوژیکی و تأثیر منفی بالقوه بر سلامت انسان خواهد شد.	غنی شدن آب زیرزمینی با نمک‌ها و مواد مغذی (به خصوص نیترات‌ها)
پاکتراشی	فرسایش و تخریب زمین که به افزایش سطح رسوبات و گل و لای در بستر رودخانه‌ها و از بین رفتن جانوران بستر رودخانه‌ها و غیره می‌انجامد. اخلال و تغییر در نظام آبی که اغلب همراه با فقدان جریان‌های دائمی رخ می‌دهد، و بروز مشکلات بهداشت عمومی به خاطر کمبود آب آشامیدنی.	از بین رفتن نظام آبی (رژیم هیدرولوژیک) اغلب همراه با افزایش فرسایش سطحی و کم شدن برگشت آب به منابع زیرزمینی. تأثیر بر آب سطحی به خاطر کاهش جریان در فصل‌های خشک و تمرکز آلاینده‌ها و مواد مغذی در آب‌های سطحی.
جنگل‌کاری	اثرات در سطح بسیار وسیع. رواناب حاوی آفت‌کش‌ها و آلودگی آب‌های سطحی و ماهی‌ها، مشکلات فرسایش و رسوب‌گذاری	
کشت درون آب	رها شدن آفت‌کش‌ها (بطور مثال TBT[1]) و مقدار بالایی از مواد مغذی در آب‌های سطحی و زیرزمینی از طریق مواد تغذیه و دفعی که به پائین آمدن شدید سطح اکسیژن در آب می‌انجامد.	

1 -Tributyltin



شکل (۲)- جریان برگشتی آب آلوده حاصل از آبیاری مناطق وسیعی در جنوب آلبرتا، کشور کانادا

شکل (۳)- تغییرات در میزان نیترات در آب‌های کم عمق مناطقی از کشور سریلانکا که تحت کشاورزی انبوه و متمرکز قرار دارد.



اثرات بر روی سلامت عمومی

آب آلوده عامل اصلی بسیاری از امراض، مرگ و میرها و فلاکت‌های انسان است. براساس اعلان سازمان بهداشت جهانی، الآنه چهار میلیون کودک بر اثر اسهال ناشی از عفونت برخاسته از آب آلوده می‌میرند. اکثر باکتری‌های موجود در آب‌های آلوده، کلیفرم‌هایی هستند که از طریق مدفوع انسان خارج می‌شوند. رواناب‌های سطحی و در نتیجه آلودگی با منابع نامتمرکز نقش بزرگی در بالا رفتن میزان عوامل بیماریزا در آب‌های سطحی ایفا می‌کنند. سرویس‌های بهداشتی روستایی که معمولاً طراحی درستی ندارند، باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شوند.

آلودگی برخاسته از کشاورزی بطور مستقیم و غیر مستقیم اثرگذار بر سلامت انسان است. گزارش بهدات جهانی مبنی بر این است که افزایش سطح نیتروژن در آب‌های زیرزمینی بسیاری از نقاط جهان پیامد شدت گرفتن فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. این پدیده در برخی از نقاط اروپا به خوبی شناخته شده است در برخی از

کشورها غلظت نیترات به قدری افزایش یافته است که بیش از ۱۰ درصد مردم در معرض غلظت‌های بیش از حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی (۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) قرار دارند. اگر چه سازمان بهداشت جهانی ارتباط مشخصی بین نیترات‌ها و نیتریت‌ها و سرطان نیافته است، اما راهنمای آب آشامیدنی سالم را پایه‌گذاری نمود تا از بروز بیماری «متاهموگلوبینمیا»[1] که نوزادان نسبت به آن آسیب‌پذیر هستند جلوگیری کند[2].

اگرچه این موضوع به خوبی مستند نشده ولی به نظر می‌رسد که مشکل آلودگی نیتروژنی در آب‌های زیرزمینی در کشورهای در حال توسعه نیز وجود دارد.
براساس گزارش لارنس و کومپناراچی[3] در سال ۱۹۸۶، غلظت نیترات‌ها در چاه‌های آبیاری واقع در نزدیکی شالیزارهایی که در آنها کشت آبی فشرده انجام می‌گیرد به حدود ۴۰ تا ۵۰ میلیگرم در لیتر رسیده است. شکل (۳) تغییرات مقدار نیتروژن نیتراتی[4] را نشان می‌دهد که در آن اوج غلظت نیترات در فصل زراعی مرطوب (ماها) در هنگامی که بیشترین تراکم کشت محصول برنج در واحد سطح در سری لانکا وجود دارد، دیده می‌شود.

ریف[5] در سخنرانی‌اش در مورد کشاورزی آبی خاطر نشان کرده است که آلودگی آب هم یک پیامد و هم یک اثر بر ارتباط بین سلامت انسان و کشاورزی است. وی اثرات زیر را که به ترتیب اهمیت رده‌بندی شده‌اند، و به ویژه برای کشورهای در حال توسعه کاربرد دارند، به صورت زیر ذکر کرده است:

- تغییرات مخرب زیست محیطی به مساعد شدن محیط برای تولید مثل ناقلان بیماری (مانند پشه‌ها) انجامیده است. در برخی از کشورهای آمریکای لاتین بین سازه‌های ذخیره آب و بیماری مالاریا ارتباط نزدیکی یافت شده است. شیستوزومیازیس (بیلارزیازیس، نوعی کرم پهن که انگل عروق خونی است) بیماریی انگلی است که سلامت ۲۰۰ میلیون نفر را در ۷۰ کشور منطقه حاره و

1 -Methaemoglobinaemia
2 -WHO, 1993
3 - Lawrence & Kumppnarachi
4 - NO3-N
5 - Reiff, 1987

نیمه حاره مورد تهدید قرار می‌دهد و افزایش چشمگیری در جمعیت آن به دنبال ساخت سازه‌های ذخیره آب برای آبیاری و تولید برق آبی دیده شده است. «ریف» خاطر نشان می‌کند که دو گروه که بیش از همه در معرض ابتلا به چنین بیماری‌های انگلی هستند، کارگران مزارع که به تولید برنج، نیشکر و سبزیجات می‌پردازند و کودکانی که با این آب‌ها استحمام می‌کنند، می‌باشند.

- منابع تأمین آب عمدتاً توسط آفت‌کش‌ها و کودها آلوده می‌گردند. میزان بالاتر از حد مجاز اکثر آفت‌کش‌ها در منابع آب به عنوان عامل تأثیرگذار بر سلامتی شناخته شده است.
- آلودگی میکروبی محصولات غذایی که از کاربرد آب آلوده به مدفوع انسان و پسآب چراگاه‌ها و دامداری‌ها سرچشمه می‌گیرد. این مورد هم آبیاری با آب آلوده و هم آلودگی مستقیم غذا و سبزیجات به وسیله شستشو با آب آلوده را شامل می‌شود. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه تصفیه خاصی بر روی فاضلاب‌های شهری صورت نمی‌گیرد و با این حال فاضلاب‌های شهری به صورت فزاینده‌ای مستقیماً مصرف شده و یا پس از ورود به آب‌های پذیرنده، به زمین‌های کشاورزی باز می‌گردند. شایع‌ترین بیماری‌های وابسته به آب‌های کشاورزی آلوده عبارتند از وبا، حصبه، کرم آسکاریس، آمئوبیازیس[1] (نوعی بیماری با مولد آمیبی) جیاردیازیس[2] و بیماری‌های گوارشی ناشی از اشریشیا کولی[3] است. محصولاتی که بیشترین خطر ابتلای بیمارهای فوق را ایجاد می‌کنند، سبزیجات زمینی از قبیل کلم، کاهو، توت فرنگی و غیره هستند که به صورت خام خورده می‌شوند.
- آلودگی محصولات غذایی توسط مواد شیمیایی سمی.
- عوامل متفرقه تأثیرگذار بر سلامتی، مانند عمل‌آوری بذر با ترکیبات آلی جیوه، کدورت آب (که باعث از بین رفتن تأثیر ضد عفونی‌کننده‌های آب آشامیدنی می‌گردند) و غیره

---

1 -Ameobiasis
2 -Giardiasis
3 -E. Coli

به فهرست فوق می‌توان عواملی همچون قابلیت گسستگی هورمونی[1] (اختلال غدد درون‌ریز) برای ماهی‌ها و حیوانات و انسان‌ها را افزود. هورمون‌ها توسط دستگاه‌های غدد درون بدن تولید می‌شوند. از آنجائیکه نقش هورمون‌ها در شکل‌گیری اولیه اعضاء بدن بسیار خطیر است، اغلب اثرات سمی بر روی غدد درون‌ریز منجر به اختلال در کار سیستم تولید مثل می‌شود[2]. در حالیکه آفت‌کش‌هایی نظیر د.د.ت مورد دلالت قرار گرفته‌اند، شناخت گستره آسیب آنها و اطلاعات لازم برای اثبات اثرات آنها هنوز بسیار نوپا و نامستدل است. با این حال می‌توان با قاطعیت گفت که سطح بالای آلاینده‌های کشاورزی در غذا و آب بنابر آنچه در بسیاری از کشورهای در حال توسعه شناخته شده اثرات مخرب جدی بر تولید مثل و سلامت انسان داشته است. کادر ۲ شرح کاوش در اثرات کشاورزی بر منطقه دریای آرال[3] را نشان می‌دهد.

کادر ۲- کشاورزی و فاجعه دریاچه آرال

فاجعهٔ اجتماعی، اقتصادی و بوم شناختی به گونه‌ای که در دریای آرال و حوضه آبریز آن در دهه ۱۹۶۰ اتفاق افتاده است، می‌تواند به عنوان مهمترین مثال دنیا در نظر گرفته شود که چگونه برنامه‌ریزی ضعیف و اجرای ضعیف فعالیت‌های کشاورزی، منطقه‌ای را که زمانی حاصلخیز به شمار می‌رفت، بکلی تخریب کرده است. اگر چه بسیاری از دیگر اثرات منفی ناشی از کیفیت بد آب در منطقه وجود دارد، اما فعالیت‌های نامناسب کشاورزی را باید به عنوان ریشه اصلی تمام این خرابی‌ها به شمار آورد. کل کشاورزی در این منطقه خشک، به صورت کشت آبی است. حوزه آبریز دریای آرال مناطق جنوب روسیه، ازبکستان، تاجیکستان و قسمتی از قزاقستان، قرقیزستان، ترکمنستان، افغانستان و ایران را در بر می‌گیرد.

جمعیت(۱۹۷۶): ۲۳/۵ میلیون نفر، ۳۴ میلیون نفر در ۱۹۹۰

مساحت: ۱/۸ میلیون کیلومتر مربع ، سطح تحت پوشش آبیاری (۱۹۸۵): ۶۵/۶٪

1 -Hormonal disruption
2 - Kamrin ,1995
3 - Aral

ادامه کادر ۲-

بیلان آب در حوضه آبریز دریاچه آرال
میانگین حجم آب تأمین شده: ۱۱۸/۳ کیلومتر مکعب در سال
نیاز آبی (برآورد کنونی): ۱۱۳/۹ کیلومتر مکعب در سال
آب مصرفی در آبیاری: ۷۵/۲ کیلومتر مکعب در سال معادل ۶۳/۴٪ از آب تأمین شده

گسترش آبیاری و آب ورودی به دریاچه آرال
پیشینه آبیاری: از ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد
۱۹۵۰ به بعد: عمدهٔ گسترش
۱۹۸۵: ۶۵/۶٪ از کل مساحت منطقه زیر پوشش آبیاری رفت
حجم آب ورودی به دریاچه
میانگین تاریخی: ۵۶ کیلومتر مکعب در سال
۱۹۶۶ تا ۱۹۷۰: ۴۷ کیلومتر مکعب در سال
۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵: ۲ کیلومتر مکعب در سال
شورشدگی
اندازه و شتاب شورشدگی در ازبکستان نشان داده شده است:

سال	مساحت شورشده	درصد از کل سطح آبیاری شونده
۱۹۸۲	۱۲۰۰۰ کیلومتر مربع	۳۶/۳
۱۹۸۵	۱۶۴۳۰ کیلومتر مربع	۴۲/۸

پیامدهای بهداشت عمومی (در طی ۱۵ سال گذشته)
حصبه- ۲۹ برابر افزایش (شاخص شیوع بالای ۲۰٪)
هپاتیت ویروسی- ۷ برابر افزایش
شبه حصبه (پاراتیفوئید)- ۴ برابر افزایش
تعداد اشخاص مبتلا به فشارخون، بیماری‌های قلبی، زخم معده و اثنی عشر- تا ۱۰۰٪
افزایش در زایمان‌های زودرس- بیش از ۳۱٪
افزایش موارد ابتلا و مرگ در «کاراکالپاکیا»، از ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۷
سرطان کبد: بالای ۲۰۰٪
سرطان مری: بالای ۲۵٪

ادامه کادر ۲-

سرطان لوله گوارش: بالای ۱۰۰٪
رخداد سرطان در جوانان: بالای ۱۰۰٪
مرگ نوزادان: بالای ۲۰٪ (۱۹۸۰ تا ۱۹۸۹)

اثرات بوم شناختی و کیفیت آب:
ـ میزان نمک رودخانه‌های مهم به میزان عوامل ۲ تا ۳ برابر از حد استاندارد تجاوز کرده است.
ـ آلودگی محصولات کشاورزی توسط مواد شیمیایی کشاورزی
– کدورت بالا در منابع عمده آب
ـ میزان بالای آفت‌کش‌ها و فنل[1] در آب‌های سطحی
ـ تجمع بیش از حد آفت‌کش‌ها در هوا، محصولات غذایی و شیر مادران
ـ از بین رفتن حاصلخیزی خاک
ـ بروز تغییرات اقلیمی ثانویه
ـ کاهش شدید و انقراض گونه‌های مختلف حیوانات، ماهی‌ها و گیاهان
ـ تخریب زیست بوم‌های مهم
ـ پائین رفتن سطح دریای آرال به میزان ۱۵,۶ متر از سال ۱۹۶۰
ـ کم شدن حجم دریاچه آرال به میزان ۶۹ درصد
ـ از بین رفتن تجارت شیلات

مدیریت غلط کشاورزی به عنوان ریشه پیامدها
– افزایش سطح اراضی آبیاری و برداشت از منابع آب
–استفاده از کانال‌های آبیاری بدون پوشش
– بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی
– زراعت تک محصولی فشرده و استفاده فزاینده از آفت‌کش‌های پایدار
– افزایش شورشدگی و شسته شدن نمک‌ها به سوی رودخانه‌های اصلی و شور نمودن آنها
– افزایش طوفان‌های گرد و غبار و نشست نمک
– تخلیه زه‌آب‌های اشباع شده از مواد معدنی و آفت‌کش‌ها به رودخانه‌های اصلی

1 -Phenol

ادامه کادر ۲-

- استفاده بیش از حد از کودها

«یونپ[1]» اینگونه نتیجه‌گیری می‌کند که: "مقدار زیاد مواد معدنی در آب آشامیدنی باعث افزایش بروز بیماری‌های دستگاه گوارش، قلب و عروق و دستگاه دفع ادرار، همچنین گسترش بیماری‌های زنانگی و وابسته به بارداری شده" و "اثرات مخرب آفت‌کش‌ها در ایجاد تومورهای سرطانی، بیماری‌های ریوی و خونی و همچنین ناهنجاری‌های مادرزادی و عامل‌های وراثتی دیگر مورد تأکید قرار گرفته و همچنین قرار گرفتن در معرض آفت‌کش‌ها به عنوان یکی از عوامل ناهنجاری‌های سیستم دفاعی بدن ذکر شده است."

(مرجع: یونپ، ۱۹۹۳، دریای آرال)

اطلاعات مربوط به آلودگی آب‌های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه

در مورد آلودگی آب‌های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه اطلاعات محدود است. علاوه بر این، اطلاعات موجود در این مورد به صورت کلی و جمعی داده شده و در آن منابع آلاینده با کانون متمرکز و نامتمرکز از یکدیگر مجزا نشده‌اند. وزارت بهداشت کشور تایلند گزارشی در مورد آلودگی ۳۲ رودخانه جمع‌آوری کرده است. (جدول شماره ۶)

مصرف آفت‌کش‌ها در کلیه کشورهای در حال توسعه به شدت افزایش یافته است. در کشور هند استفاده از آفت‌کش‌ها از سال ۱۹۵۸ تا ۱۹۷۵، ۵۰ برابر افزایش یافته است. با وجود این در مقایسه با کشور آمریکا با مصرفی بالغ بر ۱۴۸۳ گالن در هکتار و اروپا با ۱۸۷۰ گالن در هکتار، مصرف کشور هند بین سال‌های ۷۴ ـ ۱۹۷۳ تنها ۳۳۰گالن در هکتار بوده است[2].

براساس بررسی‌های گوناگونی که در هند و آفریقا انجام گرفته است، ۲۰ تا ۵۰ درصد چاه‌های آب حاوی بیش از ۵۰ mg/l نیترات هستند که در برخی موارد این مقدار به چند صد میلی‌گرم در لیتر می‌رسد. در کشورهای در حال توسعه معمولاً

1 - UNEP
2 -Arcievala, 1991

چاه‌های روستاها و یا چاه‌های نزدیک به شهرها هستند که بالاترین میزان نیترات را دارند که این نشانگر این است که فضولات خانگی منبع اصلی این امر است. به هر حال فضولات دامی در مناطق نیمه خشک که آبشخورها نزدیک چاه‌های آب هستند بسیار دارای اهمیت می‌باشند.

جدول (۶)- آلودگی در ۳۲ رودخانه تایلند

نوع آلودگی	تعداد رود آلوده از میان ۳۲ رود پایش شده
آلودگی آلی	۱۳
آلودگی میکروبی	۲۰
الودگی با فلزات سنگین	۸

(وزارت بهداشت همگانی، تایلند، ۱۹۸۶)

انواع تصمیمات در امر کشاورزی برای کنترل کانون‌های نامتمرکز آلودگی

تصمیمات متخذه توسط کارشناسان کشاورزی در مورد کنترل آلاینده‌ها با منابع نامتمرکز می‌تواند ابعاد مختلف داشته باشد. این تصمیمات در سطح مزرعه می‌تواند متأثر از عوامل محلی مثل نوع محصول و فنون مدیریت کاربری زمین باشد که خود شامل استفاده از کودها و آفت‌کش‌هاست. این تصمیمات بر مبنای روش‌های مدیریتی بهینه اتخاذ می‌شوند که در شرایط محلی قابل اجرا باشند و بازگشت اقتصادی به کشاورز را همراه با حفاظت از محیط زیست به حداکثر برسانند. تصمیمات محلی بر مبنای ارتباطات شناخته شده بین فعالیت‌های زراعی و تخریب محیط زیست اتخاذ می‌گردند و اما ارزیابی‌های خاص و موردی در سطح وسیعتر مانند اثرات انواع منابع در حوضه آبخیز رودخانه‌ها را شامل نمی‌شود. تصمیمات مبتنی بر استفاده از فاضلاب‌ها و لجن‌ها برای کشاورزی نیز با استفاده از همین دانش عمومی اثرات شناخته شدهٔ آنها و روش‌های قابل انجام در جهت به حداقل رساندن اثرات آنها اتخاذ می‌شود. در هر یک از فصول این نشریه، پیشنهادهایی در این باره ارائه خواهد گردید. به هر صورت، چالش اصلی کارشناسان کشاورزی، پیشبرد مبانی علمی و قابل استفاده نمودن آنها برای کشاورزان است.

در مقیاس حوضه آبخیز رودخانه، ماهیت تصمیم‌گیری بسیار متفاوت است. در این مقیاس، مشکلات معمول تصمیم‌گیری برای کنترل منابع آلاینده نامتمرکز در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، همانند آنچه در کادر ۳ نشان داده شده، می‌باشد.

در این نشریه، امکان ارائه جزئیات درباره ابزارهایی که برای شناخت این مشکل مدیریتی در مقیاس حوضه آبخیز بکار می‌روند، وجود ندارد. علاوه بر این، هنوز بسیاری از ابزارها برای استفاده آسان توسط دست‌اندرکاران کشاورزی، ساماندهی نشده‌اند.

کادر ۳ ـ یک برنامه نمونه در امر تصمیم‌گیری:

۱- وضعیت زیست محیطی:

رودخانه‌ها یا دریاچه با آلودگی بسیار بالا یا بسیار غنی از مواد مغذی

کدورت در حد بالا

اختلال در زیست بوم

⇓

۲- منابع اطلاعاتی و قابلیت‌های سازمانی اغلب به گونه زیر می‌باشد:

عدم کنترل بر کانون‌های متمرکز و نامتمرکز آلودگی

کمبود اطلاعات مرتبط با وضعیت

آزمایشگاه‌های ضعیف

دانش و علم ناکافی در مورد موضوع

کمبود بودجه مالی

⇓

۳- پرسش‌های معمول در چنین وضعیتی عبارتند از:

تأثیر کشاورزی برای موارد زیر نسبت به منابع دیگر چگونه است؟

: مواد مغذی، عوامل بیماریزا، آلاینده‌ها، رسوبات، شوری

⇓

۴- انواع راه‌حل‌های موجود:

مقرون به صرفه‌ترین روش‌ها برای احیاء و جبران خسارات کدام‌اند؟

مدیریت جامع حوضه آبخیر

کنترل کانون‌های متمرکز در مقابل کانون‌های نامتمرکز

مشکل اطلاعات

یکی از عرصه‌هایی که اتفاقاً خوب هم شناخته شده، مشکل اطلاعات است. اطلاعات مربوط به کیفیت آب که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و برخی از کشورهای توسعه یافته در دسترس است، برای مدیریت آلودگی در مقیاس رودخانه‌ها و همچنین برای تعیین میزان تأثیر کشاورزی نسبت به سایر اثرات انسان ساخت، از ارزش کمی برخوردار است.

دستاورد مشترکی که در میان متخصصین آب وجود دارد نشانگر این است که بسیاری از برنامه‌های کنترل کیفیت آب، به خصوص در کشورهای در حال توسعه با جمع‌آوری پارامترهای غلط از منابع نادرست و با نمونه برداری‌های نامناسب اقدام به ارائه اطلاعاتی می‌نماید که عمدتاً غیر قابل اطمینان است. از آن گذشته، اطلاعات ارائه شده ارزیابی و ارزشیابی درستی نمی‌شود و ارتباط کافی با برنامه‌های واقع‌گرایانه، قانونی و اهداف مدیریتی ندارند. این امر ناشی از قصور کشورهای در حال توسعه نیست، بلکه اغلب از انتقال نامناسب فن‌آوری از کشورهای توسعه یافته و فرض‌های نادرست در میان ارائه‌دهندگان و دریافت‌کنندگان سرچشمه می‌گیرد و چنین انگاشته می‌شود که اطلاعات بدست آمده در کشورهای توسعه یافته برای کشورهای در حال توسعه نیز مناسب است.

علاوه بر موارد بالا، برنامه‌های کنترل کیفیت آب در کل جهان دستخوش تنش‌های شدید هستند چرا که دولتها مرتباً با کاهش بودجه مورد نیاز و تغییر اولویت‌ها مانع پیوستگی آنها می‌شوند. پایش یا نظارت به منظور کنترل، از نظر بسیاری از مسئولان تبدیل به کلمه‌ای ناخوشایند شده است که از هزینه کردن برای آن اکراه دارند و این در حالیست که در حال حاضر نیاز بشر برای اطلاعات در مورد کیفیت آب از همیشه بیشتر است. خوشبختانه، تحقیقات علمی جدید در کنار واقعیات مربوط به بودجه‌های مالی زمینه برای تجدید نظر و طراحی مجدد برنامه‌های جمع‌آوری اطلاعات با تمرکز بر موارد خاص و با بازده و عملکرد بالاتر را در جمع‌آوری اطلاعات برای رسیدن به اهداف مورد نظر با هزینه‌های کمتر مهیا کرده است. (به فصل ۵ مراجع شود).

این کتاب مجال برشمردن تکنیک‌های جدید مربوط به جمع‌آوری اطلاعات را ندارد. با وجود این نکته مهم این است که فن‌آوری نظارت در دهه گذشته به حدی متحول گردیده که امید می‌رود که دستاوردهای اقتصادی و اطلاعاتی قابل توجهی در بیشتر برنامه‌های پایش عاید شود (فصل ۵). برای برنامه‌های کشاورزی نکته شایان توجه آن است که اطلاعات مربوط به کیفیت آب معمولاً توسط وزارتخانه‌های کشاورزی جمع‌آوری نمی‌گردد. با وجود این، کشاورزی پایدار و با صرفه در چارچوب مدیریت جامع حوضه آبخیز نیازمند اطلاعات مرتبط و قابل اطمینان است تا بر اساس آنها تصمیمات مدیریتی را اتخاذ نماید. اگر اطلاعات مرتبط و مناسب قرار است برای اهداف مدیریت کشاورزی جمع‌آوری شوند، این امر دخالت متخصصان کشاورزی را در برنامه‌های موجود اطلاعات مربوط به کیفیت آب، ایجاب می‌نماید.

فصل ۲

آلودگی به وسیله رسوبات

گرچه کشاورزی به گستره وسیعی از مشکلات مربوط به کیفیت آب است می‌انجامد، فرسایش و رسوب‌گذاری انسان ساخت نیز در حال حاضر تبدیل به مسئله‌ای جهانی گردیده که به میزان زیادی به کشاورزی مربوط می‌شود. گرچه آمار جهانی مشخصی وجود ندارد ولی به احتمال زیاد کشاورزی عامل اصلی رسوب‌گذاری در رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و اقیانوس‌های جهان است.

آلودگی به وسیله رسوب‌گذاری دارای دو بعد کلی است:

بعد نخست، بعد فیزیکی است- از دست رفتن خاک سطحی و تخریب زمین به وسیله شیاردار شدن خاک و فرسایش سطحی که هر دو باعث افزایش گل آلودگی در آب‌های پذیرنده شده و در اثر رسوب بر بستر رودخانه و دریاچه‌ها، پیامدهای بوم شناختی (اکولوژیکی) و فیزیکی برجای خواهد گذاشت.

بعد دیگر، بعد شیمیایی است- ذرات لای و رس (با قطر کمتر از ۶۳ میکرومتر) حامل‌های نخستین مواد شیمیائی جذب شده به خصوص فسفر، آفت‌کش‌های کلره، و بیشتر فلزات می‌باشند که این مواد به وسیله رسوبات به سیستم آبی منتقل می‌شوند.

فرسایش نیز به عنوان یکی از عوامل هزینه بر کشاورزی محسوب می‌گردد. چرا که با از بین رفتن پوشش سطحی که قسمت حاصلخیز خاک است، مواد مغذی و آلی از بین رفته و کشاورز برای حفظ حاصلخیزی خاک مجبور به استفاده بیشتر از کودهاست. خواننده این کتاب برای کسب اطلاعات با جزئیات بیشتر در مورد نتایج اقتصادی و فیزیکی فرسایش زمین‌های کشاورزی و اقداماتی که باید به منظور کنترل این فرسایش در انواع مختلف زمین به خصوص در کشورهای در حال توسعه صورت گیرد، می‌تواند به گزارش فائو، نوشته «روز»[1] مراجعه نماید. در آنجا

1- Roose, FAO,1994

نویسنده به اثرات فرسایش بر کشاورزی پرداخته است. ولی در این کتاب موضوع مورد بحث ما بررسی مقدماتی فرسایش ناشی از کشاورزی از دیدگاه اثرات آن بر کیفیت آب‌های پایین دست است.

کنترل آلودگی کشاورزی معمولاً با اقدامات مربوط به کنترل فرسایش و حمل رسوب آغاز می‌گردد. بنابراین، بخش حاضر به سازوکارهای اساسی حاکم بر فرسایش و اقداماتی که در ارتباط با مهار فرسایش سر و کار دارد، می‌پردازد. مباحث مطرح شده همچنین به روان شدن کودها و آفت‌کش‌ها اشاره می‌کند که در بخش‌های بعد به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

رسوب به عنوان آلاینده‌ای فیزیکی

تخمین‌های کلی در مورد فرسایش و انتقال رسوبات در رودخانه‌های بزرگ جهان دامنه تغییرات بسیار وسیعی دارد که نشانگر مشکل در دستیابی به اطلاعات قابل اطمینان در مورد غلظت رسوبات و حجم تخلیه در بسیاری از کشورهاست. فرضیه‌هایی که توسط پژوهشگران مختلف ارائه گردیده و بسیاری از اثرات منفی مربوط به شتاب گرفتن فرسایش خاک ناشی از فعالیت‌های انسان (مانند جنگل‌زدایی، عملیات کشاورزی ضعیف، جاده‌سازی و غیره) در رابطه با تجمع رسوب به وسیله عملیات سدسازی است. میلیمان و سیویتسکی[1] در سال ۱۹۹۲ بار رسوب‌گذاری در اقیانوس‌های کل جهان را در اواسط قرن بیستم حدود بیست هزار میلیون تن در ماه تخمین زدند که ۳۰٪ آن از رودخانه‌های جنوب آسیا مثل یانگ تسه و رودخانه زرد (هوانگهو) چین ناشی می‌شود. قابل توجه است که بنا بر اعتقاد آنان حدود ۵۰٪ از کل مقدار رسوب، حاصل فرسایش در جزایر اقیانوسیه است. این پدیده‌ای است که در تخمین‌های قبلی دست کم گرفته می‌شد. در حالیکه فرسایش جزایر کوهستانی و مناطق مرتفع رودخانه‌های قاره‌ای جزو اثرات طبیعی توپوگرافی به حساب می‌آیند، میلیمان و سیویتسکی اظهار می‌دارند که تأثیر فعالیت‌های انسان در اقیانوسیه و جنوب آسیا باعث ایجاد بار زیاد و غیر متناسب رسوب‌گذاری در این مناطق شده است.

1- Milliman & Syvitski, 1992

رسوب‌گذاری به عنوان یک آلاینده فیزیکی، به روش‌های زیر آب‌های پذیرنده را تحت تأثیر می‌گذارد.

- کدورت زیاد باعث می‌شود تا نفوذ آفتاب محدود شده و از رشد جلبک‌ها و گیاهان آبی ریشه‌دار جلوگیری می‌کند. در رودخانه‌هایی که محل تخم‌گذاری ماهی‌ها هستند، بستر شنی رودخانه توسط رسوبات پوشیده گشته و مانع تخم‌گذاری ماهی‌ها می‌شود. تخریب زیست بوم آبی به واسطه تخریب موجودات زنده زیست بوم را می‌توان از نتایج دیگر آن به حساب آورد. در بسیاری از دریاچه‌های کم عمق خصوصاً در کشورهای در حال توسعه وضعیت انباشتگی آب از مواد مغذی (هیپرتروفیک) باعث رشد بیش از حد جلبک‌ها و گیاهان ریشه‌دار شده و به اثر محدودکننده عدم نفوذ نور در اثر کدورت آب می‌افزاید. در چنین وضعیتی گل‌آلود بودن آب در دریاچه‌های بسیار خوارک‌ور شده[1] می‌تواند سودمند باشد، با وجود این، بسیاری از کشورها خاطر نشان می‌کنند که این وضعیت هم به دلیل زیباشناختی و هم به دلیل اقتصادی نامطلوب است و آنها به دنبال روش‌هایی هستند که هم کدورت و هم غلظت مواد مغذی را در آب‌ها کاهش دهند. کادر شماره ۴ اثر رسوبات بر صخره‌های مرجانی را نشان می‌دهد.
- میزان بالای رسوب‌گذاری در رودخانه منجر به تخریب فیزیکی مشخصات هیدرولیکی آبراهه‌ها می‌گردد. این امر می‌تواند تأثیر جدی بر ناوبری به دلیل تغییر عمق کانال گذاشته و در نتیجه باعث کاهش ظرفیت حجم کانال شود و در نهایت به سرریز شدن و بروز سیل در حوضه بیانجامد. به عنوان نمونه دانشگاه فدرال ریوگرانده[2] در سال ۱۹۹۱ در مورد تخریب و حمل رسوبات در حوضه آبریز رودخانه سائو فرانسیسکو[3] که در شرق برزیل جریان دارد نشان داد که بخش مرکزی رودخانه اکنون انباشته از رسوبات است. این امر منجر به قطع جدی ترابری در رودخانه و گرفتگی تجهیزات هیدرولیکی تأمین

1- Highly eutrophic
2- UFRGS
3- SaoFrancisco

آب آبیاری در رودخانه شده است. رسوبات یاد شده از فرسایش سریع زیرحوضه‌ها به دلیل روش‌های نادرست کشاورزی سرچشمه می‌گیرند.

کادر ۴- رسوب‌گذاری و تخریب صخره‌های مرجانی

رسوب به عنوان علت اصلی تخریب و کاهش تعداد صخره‌های مرجانی در کل جهان شناخته شده است. کارشناسان در سال ۱۹۹۵ درصد تأثیر رسوب‌گذاری در این امر را به شرح زیر تخمین زده‌اند.

آمریکای مرکزی ـ ۱۰۰٪

پلی نزی ۱۰٪

آسیا حدود ۱۰۰٪

کل جهان ۶۰ تا ۷۰٪ صخره‌های حاشیه‌ای

تحقیقات انجام شده در مورد صخره‌های مرجانی در استرالیا بیانگر این است که b ذرات کربن آلی برخاسته از خشکی می‌تواند تا ۱۱۰ کیلومتر دورتر از ساحل محل صخره‌های مرجانی برده شود. در اثر فعالیت‌های کشاورزی و فرسایش زمین‌های جنگل‌زدایی شده. حجم عظیمی از رسوبات تولید می‌شود. رسوبات حاصل از جنگل‌تراشی در جزیره ماداگاسکار باعث کشته شدن بسیاری از صخره‌های مرجانی حاشیه‌ای شده است. مشاهده این جزایر از فضا نشانگر این است که ماداگاسکار که زمانی جزیره‌ای سبز در دریای آبی بود اکنون به جزیره‌ای قهوه‌ای در دریایی قرمز (پر از رسوبات) تبدیل شده است.

رسوب به عنوان آلاینده‌ای شیمیایی

نقش رسوبات به عنوان آلاینده شیمیایی به اندازه ذرات متشکله رسوبات و همچنین مقدار کربن آلی موجود در آن بستگی دارد. بخش شیمیایی فعال رسوبات عبارتند از رسوباتی که اندازه ذرات متشکله آنها کوچکتر از ۶۳ میکرون است. در مورد فسفات‌ها و فلزات اندازه ذرات بسیار مهم است زیرا ذرات بسیار ریز سطح جانبی بسیار بالایی دارند. فسفرها و فلزات عموماً تمایل زیادی به جذب توسط بخش‌های تبادل یونی متعلق به ذرات رس و همچنین آهن و منگنزی که عموماً این ذرات کوچک را می‌پوشانند دارند. بسیاری از آلاینده‌های آلی پایدار و زهرآگین با

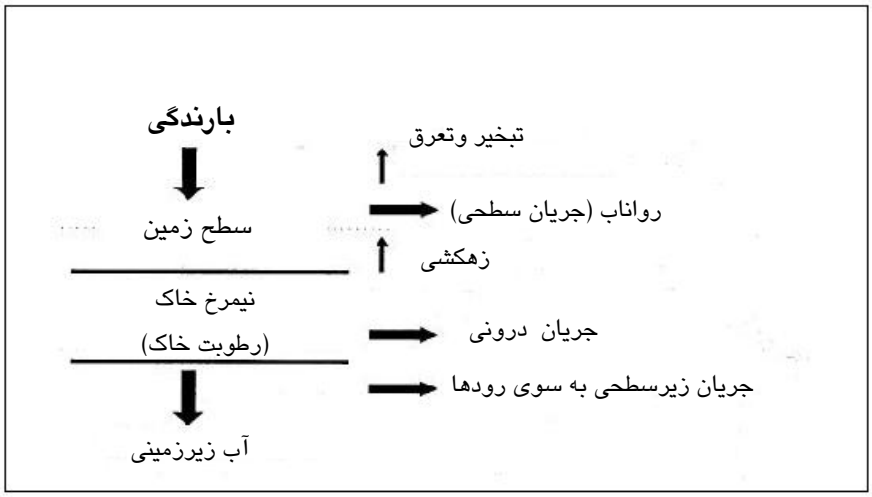
فابلیت انباشتگی در بافت‌های زنده به خصوص ترکیبات کلر شامل انواع آفت‌کش‌ها در ارتباط مستقیم با رسوبات به خصوص کربن آلی هستند که به صورت بخشی از رسوبات به رودخانه‌ها حمل می‌شود. اندازه‌گیری انتقال فسفر در آمریکای شمالی و اروپا نشانگر این است که مقدار ۹۰٪ از کل آهنگ جرمی فسفر در رودخانه‌ها وابسته به رسوبات معلق در آب این رودخانه‌ها است.

میل ترکیبی ذرات با مواد شیمیایی آلی از روی ضریب تجزیه‌پذیری اکتانول در آب[1] (K_{ow}) قابل اندازه‌گیری است. این ضریب تجزیه‌پذیری برای بیشتر مواد شیمیایی آلی شناخته شده و مبنایی برای پیش‌بینی هزیمت زیست محیطی ترکیبات شیمیایی آلی است. (فصل ۴) مواد شیمیایی با مقدار ضریب تجزیه‌پذیری پایین حل شدنی هستند در حالیکه مواد با ضریب تجزیه‌پذیری بالا که با نام "آبگریز"[2] تعریف شده‌اند. متمایل به همراهی با ذرات ریز هستند. ترکیبات کلر مانند د.د.ت[3] و آفت‌کش‌های کلره دیگر بسیار آبگریز (هیدروفوبیک) هستند و از آنجائیکه بسیار حل نشدنی هستند. در آب تجزیه نمی‌گردند. در مورد مواد شیمیایی آلی مهمترین جزء رسوبات مقدار کربن آلی است که به عنوان قسمتی از رسوب حمل می‌شود. دانشمندان به منظور تشریح میزان تمایل پیوند با جزء کربن آلی ضریب تجزیه‌پذیری را به شکل (K_{oc}) اصلاح کرده‌اند.

متغیر مهم دیگر مقدار غلظت رسوب به خصوص ذرات ریزتر از ۶۳ میکرون در آب است. حتی مواد شیمیایی بسیار آبگریز هم می‌توانند در مقادیر بسیار اندک به صورت محلول در آب یافت شوند. در جائیکه مقدار ذرات معلق در آب کم باشند (کمتر از ۲۵ میلیگرم درلیتر) مقدار آب در مقایسه با مقدار رسوبات بسیار زیاد است و بدین ترتیب بخش اعظم بار ترکیبات شیمیایی ممکن است در بخش محلول باشد. این امر موضوع مهمی است که در امر پایش مواد شیمیایی آبگریز (هیدروفوبیک) همانگونه که در جدول ۱۷ ذکر شده مطرح خواهد گردید.

1- Octanol-water prtitioning coefficient
2- Hydrophobic
3- DDT

بر خلاف فسفرها و فلزات حمل و از بین رفتن مواد شیمیایی آلی پیوسته به رسوبات. به وسیله پدیده تجزیه میکروبی که در جریان انتقال رسوبات در رودخانه‌ها و در رسوبات ته‌نشین شده رخ می‌دهد پیچیده تر می‌گردد. با وجود این. نقش رسوبات در حمل و از بین رفتن مواد شیمیایی کشاورزی اعم از مواد مغذی و فلزات و آفت‌کش‌ها در طراحی مدل‌ها به منظور اتخاذ راهکارهای مدیریتی بهینه در زمینه آبیاری بسیار حایز اهمیت است. به همین دلیل، مدل‌هایی که بر مبنای مفهوم ناپایداری[1] هستند (یعنی تئوری استفاده از مشخصه‌های تجزیه‌پذیری مواد شیمیایی به عنوان مبنایی برای تعیین مکان زیست‌محیطی اعم از هوا رسوبات آب و موجودات زنده که در آن ماده شیمیایی بیشتر و اولی‌تر یافت می‌شود) در پیش‌بینی خط سیرهای زیست محیطی و ازبین رفتن آلاینده‌ها بسیار مهم به نظر می‌رسد.[2]



شکل (۴)- نمودار اجمالی نشان‌دهنده فرآیندهای مهم ارتباط بارندگی و رواناب

نتیجه‌گیری: نقش رسوبات به عنوان یک آلاینده شیمیایی تابعی است از بار مواد شیمیایی که توسط این رسوبات حمل می‌شوند.

1- Fugacity
2- Mackay & Paterson, 1991

مواد شیمیایی آلی موجود در رسوبات از راه‌های گوناگون وارد زنجیره غذایی می‌شوند. رسوبات بطور مستقیم توسط ماهی‌ها بلعیده می‌شوند، با این وجود، عموماً ذرات ریز (به خصوص جزء کربنی رسوبات) به عنوان منبع غذایی برای «دریا بن‌ها» (موجودات زنده‌ای که در کف اقیانوس‌ها زندگی می‌کنند) به شمار می‌روند، که آنها نیز به نوبهٔ خود غذای موجودات زنده عالیتر محسوب می‌شوند. در نهایت ترکیبات سمی در ماهی‌ها و مصرف‌کننده‌های دیگر تجمع یافته و از این راه آفت‌کش‌ها که از طریق فرسایش و شستشو از روی اراضی به آب‌ها حمل شده‌اند در مصرف‌کننده‌های بالاتر چرخه حیات که انسان را نیز شامل می‌شود تجمع می‌یابند.

فرایندهای کلیدی: رسوب‌گذاری و آبشستگی

ویژگی اصلی آلاینده‌ها با منابع نامتمرکز این است که فرآیند اصلی انتقال آنها از زمین به آب از طریق فرآیندهای آبشناختی (هیدرولوژیکی) صورت می‌گیرد که سرانجام منجر به روان شدن رسوبات، مواد مغذی وآفت‌کش‌ها می‌شوند. اهمیت این امر در این است که از این طریق هم می‌توان به ماهیت آلاینده‌های کشاورزی پی برد و هم با در در نظر گرفتن این امر که مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی، روش نخستین در تخمین و پیش‌بینی فرسایش برخاسته از کشاورزی و اثرات آن بر آب است، می‌توان به نتیجه‌گیری بهتری در این مورد دست یافت. ازآنجا که مواد شیمیایی کشاورزی در منابع آب تخلیه می‌گردند، تقریباً تمام دیگر فنون کنترل منابع نامتمرکز آلاینده‌ها در کشاورزی، مهار یا اصلاح فرایندهای آبشستگی[1] را در برمی‌گیرد که اینکار به وسیله فنون مدیریت زمین و دام انجام می‌شود.

در بخش‌های بزرگی از جهان، بارندگی به صورت باران است. در حالیکه در مناطقی که بارندگی به صورت برف است مسئله پیچیده‌تر می‌گردد و به دانش پیچیده‌تری نیز نیاز است. با این وجود روش‌های کنترل می‌توانند مشترکاً هم در

1- Runoff

مناطق بارانی و هم برفخیز استفاده شوند. بنابراین در این کتاب تمرکز بر روی ارتباط بین بارش باران و فرسایش ناشی از آن خواهد بود.

از آنجا که آبشناسی در عمل کاملاً بر مبانی نظری استوار است، مفاهیم اصلی به راحتی قابل فهم هستند. (شکل ۴)

بارش باران: عامل اصلی کنترل‌کننده، شدت بارندگی است. این عامل، کنترل‌کنندهٔ آب در دسترس بر سطح زمین است و بستگی تنگاتنگی به روش‌های انرژی مورد استفاده در فرمول‌سازی‌های ریاضی دارد که برای محاسبه مقدار خاک جابجا شده توسط قطرات باران بکار می‌روند. از هم گسیختگی ذرات خاک باعث روان شدن بیشتر رسوبات می‌گردد.

نفوذپذیری خاک: نفوذپذیری یک مشخصه فیزیکی خاک است و معیاری از توانایی خاک در شرایط اشباع برای عبور آب از میان منافذ طبیعی موجود در خاک است. نفوذپذیری، تابعی از بافت خاک، ترکیب آلی و معدنی و غیره می‌باشد. در مقابل، تخلخل معیاری برای اندازه‌گیری فضاهای خالی در خاک است. نفوذپذیری بستگی به مقدار تخلخل در بین ذرات خاک و ارتباط این خلل‌ها با یکدیگر که باعث عبور آب از آن می‌شود دارد. به عنوان مثال استایروفوم[1] (نوعی ماده پلاستیک که برای کاهش اثر ضربه در جعبه لوازم شکننده قرار داده می‌شود) دارای خلل و فرج زیادی است ولی به هیچ عنوان نفوذپذیر نیست ولی اسفنج هم متخلخل است و هم بسیار نفوذپذیر.

تراوش: مقدار تراوش یعنی مقدار آبی که از خاک می‌گذرد (برحسب cm/hr)، یکی از اصطلاحات بسیار متداول در معادلات هیدرولوژیک برای محاسبه رواناب سطحی به شمار می‌رود. تراوش با نفوذپذیری متفاوت است. تراوش اصولاً توسط نیروی موئینگی خاک کنترل می‌شود و بازتابندهٔ شرایط حاکم بر رطوبت خاک، بافت خاک، مقدار تراکم سطحی و غیره است. تراوش‌پذیری در دفعات بارندگی مختلف متفاوت

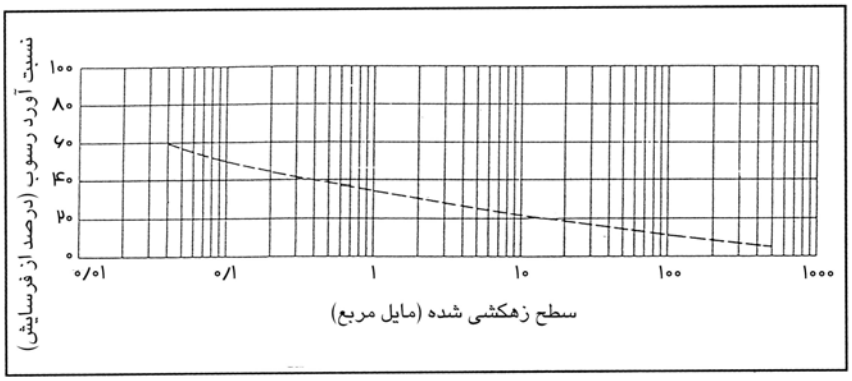
1- Styrofoam

است و بستگی به عواملی همچون رطوبت نسبی خاک، گیاهان رشد کرده در خاک و غیره دارد. بطور کلی تراوش‌پذیری در آغاز بارندگی زیاد است و در زمانی که خاک اشباع شده است به حداقل می‌رسد.

رواناب سطحی: عبارت است از مقدار آب جاری در سطح زمین بعد از محاسبه تمام مقادیر از دست رفته (تلفات) تلفات آب عبارتند از تبخیر آب توسط گیاهان، مقدار آب بجای مانده در پستی بلندی‌های زمین و آبی که به درون زمین نفوذ می‌کند. ارتباط بین مقدار تراوش شده و جذب‌پذیری زمین بیانگر میزان رواناب سطحی است. باران‌های شدید و دنباله‌دار باعث رواناب سطحی بیشتری می‌گردد چرا که میزان نزولات از میزان نفوذپذیری و تراوش‌پذیری به شدت بیشتر می‌باشد. به همین دلیل در مناطقی که باران‌های موسمی و توفان‌های حاره‌ای دارند اغلب میزان بارندگی از میزان تراوش‌پذیری تجاوز می‌کند. تخریب لایه محافظ خاک و تراکم ذرات آن به خصوص در محیط زیست‌های حاره‌ای منجر به پدیده فرسایش ناشی از آبشستگی می‌گردد (شکل ۵). به جز نیتروژن که معمولاً در آب‌های زیرزمینی مناطق کشاورزی یافت می‌شود، رواناب سطحی عامل اصلی حمل مواد شیمیایی کشاورزی، فضولات حیوانات و رسوبات به رودخانه‌ها به حساب می‌آید.

جریان آب در زیرزمین: از آنجائیکه لایه‌های مختلف زمین دارای نفوذپذیری‌های مختلف نسبت به آب هستند، آب همواره به صورت عمودی نفوذ نمی‌کند بلکه گاهی به صورت افقی در زیرزمین حرکت می‌کند. آب موجود در زیرزمین به صورت افقی به موازات آب‌های سطحی حرکت خواهد کرد. جریان زیرزمینی آب معمولاً در نزدیکی انتهای شیب‌ها و قعر دره‌ها بیرون می‌زند. بنابراین شناسایی این مناطق فعال آبشناختی (هیدرولوژیکی)، بخش مهمی از روش‌های کنترل منابع نامتمرکز در کشاورزی است. فرآیند حرکت آب در زیرزمین گاهی منجر به پیدایش راه آب‌های زیرزمینی در خاک شده که دارای ویژگی‌های بالقوه مخربی هستند و در جاهای کم عمق، رفته رفته در اثر جریان آب گشاد شده و به فرو ریختن خاک سطحی و ایجاد شیارهایی در اراضی کشاورزی می‌گردند.

شکل (۵)- فرسایش شدید شیاری در مناطق کشاورزی جنوب برزیل



شکل (۶)- ارتباط بین سطح زیر زهکشی و نسبت رسوب‌گذاری

آب‌های زیرزمینی: آب‌های زیرزمینی از عبور آب به صورت افقی از خاک به درون زمین و انباشت آن بر روی بسترهای صخره‌ای در زیر خاک به وجود می‌آیند. آب‌های زیرزمینی تمایل دارند که به سمت رودخانه‌ها جاری شده و به صورت

چشمه پدیدار شوند و در زمان‌های کمبود یا نبود بارندگی پشتوانه جریان آب در رودخانه به شمار می‌آیند. این بخش از جریان رودها به نام «جریان پایه» نامیده شده است. ترکیب شیمیایی این جریان پایه بازتابی از بافت شیمیایی سنگ بستر و خاک به علاوه مواد شیمیایی به کار رفته در کشاورزی و نفوذ یافته به سفره‌های زیرزمینی است.

ذوب شدن برف‌ها: پدیده ذوب شدن برف‌ها اکثراً پیش‌بینی‌های مربوط به آلاینده‌های کشاورزی که براساس مدل‌های هیدرولوژیک قراردادی انجام می‌شود را پیچیده و مشکل می‌سازد. پدیده ذوب شدن برف به خودی خود سرچشمه اصلی در پیدایش رواناب‌های سطحی نیست. با این وجود، همزمانی بارندگی‌ها در بهار و ذوب شدن برف‌ها می‌توانند مشکلات تخریبی زیادی را برای خاک یخزده یا در حال ذوب شدن فراهم آورد. آب ناشی از ذوب برف‌ها با حمل فضولات حیوانات، زباله و سایر مواد مضری که در طول زمستان در سطح خاک کشاورزی یخزده پخش شده‌اند، به درون نهرهای مجاور، منبعی نامتمرکز از آلاینده‌ها را به وجود می‌آورد. اعمال مدیریت صحیح بر شیوه دفع فضولات حیوانی در مناطق یخزده می‌تواند اثرات مثبت مهمی بر کیفیت آب داشته باشد.

مفاهیم کلیدی

نسبت آورد رسوبات

نسبت آورد رسوبات[1] (SDR) که عموماً در مطالعات مربوط به فرسایش و حمل مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد. توصیف‌کننده میزانی است که براساس آن خاک فرسایش یافته (رسوب) در حوضه آبریز جمع می‌شود.

نسبت آورد رسوب به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$SDR = \frac{\text{مقدار رسوب اندازه‌گیری شده}}{\text{کل فرسایش انجام شده در حوزه}}$$

1- Sediment Delivery Ratio

در اینجا صورت کسر براساس اندازه‌گیری رسوبات رودخانه یا براساس گزارش ایستگاه نظارت و کنترل رسوبات و مخرج کسر براساس استفاده از فنون تخمین مثل معادله جهانی تلفات خاک[1] بدست می‌آیند.

مقدار SDR همانگونه که در شکل ۶ نشان داده شده است همواره از ۱ کمتر است و نشان می‌دهد که خاک فرسایش یافته از سطح مزرعه تمایلی به طی مسافت طولانی پیش از رسوب کردن ندارد. در عوض. انباشت رسوب در جویبارها، حاشیه کشتزارها و قسمت‌های پایین دست اراضی شیب‌دار به میزان بالایی است. انباشت رسوب همچنین در مسیر رودخانه‌ها (بستر و حاشیه آنها)، در تالاب‌ها، و در مخازن آب (سدها) و دریاچه‌ها صورت می‌گیرد. نسبت آورد رسوب به مقدار زیادی متغیر است. با این وجود مقدار آن یکی از مهمترین عوامل در فهم فرسایش و رسوب و چگونگی عملکرد آن در زمان و مکان است. (برای مثال به والینگ سال ۱۹۸۳ مراجعه شود)

نسبت غنی شدن رسوبات

مفهوم نسبت غنی شدن رسوبات[2] SER برای درک اثرات و هزینه‌های اقتصادی مربوط به از دست رفتن مواد شیمیایی از مزارع بسیار حائز اهمیت است. فرآیند فرسایش سطحی در مورد ذرات ریز به مقدار زیادتری صورت می‌گیرد. در نتیجه ویژگی‌های دانه‌بندی مواد شسته شده از سرچشمه به صورت فزاینده‌ای به شمت ذرات ریزدانه میل می‌کند. زیرا دانه‌های درشت‌تر (در حد و اندازه ماسه) زودتر ته‌نشین می‌شوند. به خاطر ماهیت غنی ذرات ریز، به واسطه سطح ویژه بالای ذرات در حد اندازه رس، غلظت مواد شیمیایی موجود در رسوبات (مثل فسفر، فلزات، نیتروژن آلی، آفت‌کش‌های آبگریز (هیدروفوبیک)) بالا می‌رود چون بخش ماسه‌ای فقیر در طی حمل رسوبات به پایین دست جدا شده و منجر به افزایش رسوبات ریزدانه (لای و رس) می‌گردد که غنی از مواد شیمیایی می‌باشند.

1- Universal Soil Loss Equation
2- Sediment Enrichment Ratio

°نسبت غنی شدن رسوبات (SER) بدین صورت تعریف می‌شود:

$$SER = \frac{\text{غلظت ماده X در رسوب حمل شده}}{\text{غلظت ماده شیمیایی X در خاک}}$$

ترکیب شیمیایی رسوبات در برخی نقاط پایین دست مثل حاشیه مزارع یا در نهرهای همجوار اندازه‌گیری می‌گردد.

جدول (۷)- مدل‌های منابع نامتمرکز کشاورزی

نام	کاربرد	مقیاس زمانی	مقیاس مکانی
آ) نیاز به اطلاعات در حد اندک تا متوسط			
بارهای واحد سطحی (پیش‌بینی آماری)	هدر رفتن رسوبات هدر رفتن مواد مغذی	میانگین‌های بلندمدت	۱۰ تا ۱۰۰ کیلومتر مربع
توجه: مدل‌های آماری برای شرایط مقایسه‌ای از داده‌های کلی و مجموعه استفاده می‌کنند. قدرت پیش‌بینی در این مدل‌ها پایین ولی برای مقاصد تفکیکی و یا جاهایی که اطلاعات محلی موجود نیست و یا مقیاس مکانی آنقدر بزرگ است که از لحاظ اقتصادی جمع‌آوری اطلاعات امکان‌پذیر نیست. بسیار مفید است.			
معادله عمومی فرسایش خاک USLE	میانگین فرسایش خاک برای محصولات خاص	سالانه	مزرعه / دشت
معادله اصلاح شده فرسایش خاک RUSLE	میانگین فرسایش خاک برای محصولات خاص	سالانه	مزرعه / دشت
توجه: مدل‌های نوع USLE تجربی برای تحلیل مناطق وسیع بکار رفته است که در آن از اطلاعات دورسنجی برای برآوردهای محلی فرسایش خاک (مثل برزیل) استفاده گردیده است. مدل‌های نوع USLE معمولاً در مدل‌های دقیقتر هیدرولوژیکی که در زیر شرح داده شده بکار می‌روند.			
ب) مدل‌سازی با استفاده از اطلاعات حجیم (بر پایه فرآیند)			
مدل انتقال مواد شیمیایی کشاورزی ACTMO	فرآیندهای آبشناختی کیفیت آب	مقطعی پیوسته	دشت
آلودگی کشاورزی با منابع نامتمرکز AGNPS	آبشناسی. فرسایش. نیتروژن.فسفر و آفت‌کش‌ها	مقطعی پیوسته روزانه	دشت شبکه

ادامه جدول (۷)- مدل‌های منابع نامتمرکز کشاورزی

نام	کاربرد	مقیاس زمانی	مقیاس مکانی
شبیه‌سازی پاسخ‌های زیست محیطی حوضه آبخیز به منابع نامتمرکز منطقه‌ای ANSWERS	آبشناسی. فرسایش. نیتروژن. فسفر و آفت‌کش‌ها	بارندگی منفرد	شبکه
مواد شیمیایی، رواناب و فرسایش ناشی از سامانه‌های مدیریت کشاورزی CREAMS	آبشناسی. فرسایش. نیتروژن.فسفر و آفت‌کش‌ها	روزانه پیوسته	دشت
محاسب اثرات متقابل فرسایش و حاصلخیزی EPIC	فرسایش. آبشناسی. چرخه مواد مغذی مدیریت محصول و خاک و اقتصاد	مقطعی روزانه پیوسته	دشت
برنامه شبیه‌سازی هیدرولوژیک بزبان فرترن HPSF	آبشناسی. کیفیت آب برای آلاینده‌های آلی متداول و سمی	مقطعی روزانه پیوسته	حوضه آبخیز
سامانه آبشناختی اروپا SHE	آبشناسی همراه با شاخص‌های کیفی آب	مقطعی روزانه پیوسته	حوضه آبخیز
مدل کوچک حوضه آبخیز SWAM	فرایندهای آبشناختی. رسوب. مواد مغذی و آفت‌کش‌ها	روزانه پیوسته	حوضه آبخیز
ابزارهای ارزیابی آب و خاک SWAT	فرایندهای آبشناختی. رسوب. مواد مغذی و آفت‌کش‌ها	مقطعی روزانه پیوسته	شبیه‌سازی همزمان برای صدها زیرحوضه
شبیه ساز منابع آب در حوضه‌های آبخیز روستایی SWRRB	بیلان آب. فرایندهای آبشناختی و رسوب‌گذاری	مقطعی روزانه پیوسته	حوضه آبخیز
طرح پیش‌بینی فرسایش ناشی از آب WEPP	فرایندهای آبشناختی. فرایندهای رسوب‌گذاری	بارندگی منفرد. روزانه و پیوسته	دامنه تپه‌ها. حوضه آبخیز. شبکه

اهمیت نسبت غنی شدن در این است که نسبت انتقال رسوبات ریزدانه از رسوبات درشت‌دانه حاصل از فرسایش سطحی همواره بیشتر است بنابراین، رسوب حمل شده از بافت ریزتری نسبت به مواد خاک منشاء آن برخوردار است. از آنجائیکه نیترات موجود در خاک جذب ذرات ریز می‌شود، فرسایش ذرات ریز خاک از این جهت نیز به فقیر شدن خاک می‌انجامد. همانگونه که در فصل ۳ بحث شده است، این امر درست مانند استخراج مواد غذایی از خاک است که به عنوان ثروت طبیعی خاک به شمار می‌آید و توسط کودهای نیتراتی قابل جبران نیست. بنابراین هزینه‌های کشاورز به دلایل زیر دو برابر می‌شود: اول از دست رفتن حاصلخیزی خاک به خاطر از دست دادن مواد غذایی مغذی خاک و دوم هزینه کودها که به منظور جبران حاصلخیزی خاک به آن اضافه می‌گردد.

اندازه‌گیری و پیش‌بینی رسوبات از دست رفته

مدل‌های پیش‌بینی

در تمام دنیا کارشناسان کشاورزی با صرف وقت و هزینه فراوان کوشیده‌اند تا راه‌های قابل اطمینانی برای پیش‌بینی فرسایش و آبشستگی مواد شیمیایی موجود در رسوبات را تحت شرایط کشت محصولات مختلف بشناسند. در نتیجه مدل‌های زیادی به منظور پیش‌بینی آبشستگی رسوبات، مواد غذایی و آفت‌کش‌ها توسط منابع نامتمرکز کشاورزی طراحی شده‌اند. بسیاری از این مدل‌ها اجازه بازی با گزینه‌های گوناگون مدیریت زمین، نوع محصول و نرخ کاربرد کودها و آفت‌کش‌ها را می‌دهند. از آنجائیکه همگی این مدل‌ها (به جز مدل‌های مبتنی بر بار واحد) نیازمند داده‌های هیدرومتریک بوده و بسیاری از آنها از یک برنامه فرعی برآورد رسوب استفاده می‌نمایند. شایسته است که فهرست آنها به همراه ویژگی‌های اساسی‌شان در جدولی مانند جدول شماره (۷) جمع‌آوری شوند.

بطور کلی ۳ نوع مدل بر حسب اطلاعات ورودی عبارتند از:

۱- مدل‌های داده پردازی ساده مثل روش بار واحد، که می‌کوشند تا پاسخ‌های تقریبی برای آبشستگی مواد شیمیایی و رسوب پیدا کنند. این رویکرد یک روش‌شناسی آماری است که در آن اطلاعات مربوط به فرسایش رسوبات، مواد غذایی و آفت‌کش‌ها بر اساس سطح واحد (مثلاً تن بر هکتار) که از مطالعات مختلف جمع‌آوری شده دسته‌بندی می‌شوند تا شباهت‌های موجود در نوع محصول خاک و مشخصه‌های فیزیوگرافیک نمایان شوند. برخلاف انواع دیگر مدل‌ها که اصولاً بر پیش‌بینی و بهبود مدیریت کشاورزی در سطح مزرعه تکیه دارند. روش بار واحد بر اثرات کشاورزی بر کیفیت آب‌های پایین دست رودخانه و بدون در نظر گرفتن فعالیت‌های جایگزین مدیریت مزرعه، مبتنی است.

علی رغم ضریب اطمینان پائین و حاشیه خطای زیاد (به جداول ۸ و ۱۴ و متن مرتبط رجوع شود) این روش در مقیاس وسیعی مورد استفاده قرار گرفته چرا که از نظر هزینه مقرون به صرفه است و می‌تواند پاسخ‌های تقریبی اولیه برای مناطق کشاورزی که اطلاعاتی در موردشان وجود ندارد فراهم آورد. این روش‌شناسی در سال ۱۹۷۶ توسط مک الروی[1] و دستیارانش ارائه شد. او به جمع‌آوری اطلاعات مهم در مورد بار واحد پرداخت. بعدها در سال ۱۹۸۵ نظریه فوق توسط میلز و دستیارانش تکمیل گردید و به یک آئین‌نامه بررسی در بنگاه حفاظت محیط زیست آمریکا مبدل گشت که کامل‌ترین مدرک در مورد موضوع فوق به شمار می‌رود. داده‌های بار واحد بیانگر شرایط ایالات متحده است و از بکار بردن آن در محیط‌هایی با آب و هوا و شرایط فیزیوگرافیک متفاوت باید پرهیز کرد. با این وجود روش فوق ارزش آن را دارد که با اجرای تغییراتی در دیگر مناطق مورد استفاده قرار گیرد.

1- McElroy et al.

۲- روابط تجربی ساده: معادله عمومی تلفات خاک (USLE) که توسط ویشمایر[۱] در سال ۱۹۷۶ ارائه شد و اکنون در تمام دنیا مورد استفاده است. در سطح مزرعه از موفقیت چشمگیری برخوردار بوده و در بسیاری از مدل‌های پیچیده مندرج در جدول (۷) نقش دارد. معادله عمومی تلفات خاک به عنوان ابزار مدیریتی در سطح مزرعه طراحی گشت و اطلاعات گروه‌بندی شده‌ای را در شرایط طوفانی یا فصلی یا سالانه در اختیار قرار می‌دهد. براساس گزارش ویشمایر در سال ۱۹۷۶، درصد خطای مربوط به پیش‌بینی تلفات سالیانه خاک ۱۲٪ است که ممکن است براثر طوفان‌های فصلی از این حد نیز تجاوز کند. معادله یاد شده راهی است برای برآورد فرسایش بالقوه که به عنوان داده ورودی در مخرج کسر نسبت آورد رسوب (SDR) قرار می‌گیرد. جزئیات معادله عمومی تلفات خاک (USLE) به خاطر نتایج موفقش در اینجا آورده می‌شود و نیز به خاطر آنکه این نظریه در آفریقا و مناطق دیگر از موفقیت چشمگیری برخوردار بوده است[۲] (همچنین معادله اصلاح شده آن در برزیل به نقل از چاوز[۳]).

معادله عمومی تلفات خاک USLE به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$A = R . K . LS . C . P$$

A= مقدار خاک از دست رفته که در مقیاس تن در هکتار t/ha برای یک دوره یا یک طغیان مشخص محاسبه گردیده.

R = ضریب انرژی بارندگی

LS= ضریب طول و شیب

P = ضریب عملیات کنترل فرسایش

1- Wischmeier
2- Stacking, Elwell 1982
3- Chaves, 1991

K = ضریب فرسایش‌پذیری خاک

C = ضریب مدیریت کشت محصول (پوشش گیاهی)

هر یک از ضرایب می‌توانند محاسبه شده یا براساس اطلاعات صحرایی (مثل LS و R) و یا از روی جداول یا نمودارهای مورد استفاده برای محاسبه کلیه ضرایب دیگر برآورد گردند. نووتنی و اولم در سال ۱۹۹۴ گزارش بسیار مفیدی در این زمینه و دیگر روش‌های برآورد و مدل‌سازی فرسایش را ارائه کردند. معادله عمومی تلفات خاک (USLE) فقط برای بارندگی طراحی شده و ذوب برف و بارش بر اراضی یخزده را در برنمی‌گیرد. این معادله به تنظیم (کالیبراسیون) داده‌های حاصل از تجارب استاندارد میدانی احتیاج دارد که به طور گسترده‌ای در آمریکای شمالی و به مقدار محدودتر در بقیه نقاط جهان موجود است.

در رده بین‌المللی، سادگی و اثربخشی روش تلفات خاک باعث شد تا بتوانند به یک مجموعه تجربیات مهم در زیمبابوه در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی دست یابند، اهداف اصلی این آزمایش‌ها برآورد از دست رفتن نیتروژن، فسفر و کربن آلی از حاصلخیزی طبیعی خاک بود.

در سال ۱۹۸۶ استوکینگ[1] توانست با تجزیه و تحلیل اطلاعات مبتنی بر تجربیات فوق بهترین منبع اطلاعات زمان خود را در کل کشورهای در حال توسعه و حاره‌ای بدست آورد. این کار منتهی به ارائه مدلی به نام SLEMSA (مخفف مدل ارزیابی خاک از دست رفته در جنوب آفریقا) برای شرایط آفریقای جنوبی شد. ارزش این رهیافت فائو را به تشکیل یک شبکه بین‌المللی به نام شبکه افت حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش با همکاری پژوهشگرانی از آفریقا، آمریکای جنوبی و آسیا رهنمون ساخت[2].

1- Stocking , FAO, 1986
2- Internal FAO communication , 1995

شکل (۷)- ایستگاه‌های اندازه‌گیری فرسایش در صحرای نگر اسرائیل

گرچه ویشمایر[1] در سال ۱۹۷۶ در مورد گسترش مدل‌های فرسایش خاک فراتر از مطالعات میدانی فرسایش هشدار داد. اما این مدل‌ها به واسطه ماهیت جذابشان در پیش‌بینی فرسایش در سطح گسترده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. شایان ذکر است که به خاطر تلفات بار رسوب در طی فرایند حمل (نسبت آورد رسوب که پیش از این تشریح شد) اینگونه تخمین‌ها تنها برای اندازه‌گیری فرسایش کل در سرچشمه، مقدور است و نمی‌توانند بیانگر بار رسوب (آورد رسوب) در مناطق پایین دست باشند. اینگونه تخمین‌ها اگر به صورت تنظیم و درجه‌بندی شده ارائه شوند به گونه‌ای که ضریب خطای شناخته شده‌ای داشته باشند. می‌توانند به عنوان ابزار تجزیه و تحلیل مفیدی برای ارزیابی امکان فرسایش تحت شرایط مشابه از دیدگاه نوع محصول، خاک و ناهمواری‌های زمین در مناطق وسیع مورد استفاده قرار گیرند. در سطح بین‌المللی. اطلاعات دسته‌بندی شده مختصری درباره تنظیم و درجه‌بندی (کالیبراسیون) وجود دارد، با اینحال شبکه افت حاصلخیزی خاک در اثر فرسایش ممکن است در نهایت اطلاعات مناسب و سودمندی ارائه نماید.

1- Wischmeier

برجسته‌ترین مثال کاربرد روش تلفات خاک تخمین فرسایش در مناطق وسیع کشور برزیل است که در آنجا دانشگاه فدرال ریوگرانده (UFRGS)[1] در سال ۱۹۹۱ و کاروالهو[2] در سال ۱۹۸۸ با استفاده از نقشه‌های مناطق وسیع و اطلاعات ماهواره‌ای توانستند تعدادی از ضرایب معادله عمومی تلفات خاک (USLE) را تخمین زده و در مقیاس منطقه‌ای از آنها استفاده کنند. قصد آنها ارائه یک ارزیابی عمومی در مورد فرسایش منطقه‌ای بود، به گونه‌ای که بتوان آن را برای کل کشور مورد استفاده قرار داد. با وجود اینکه این نظریه از حاشیه خطای بزرگی برخوردار است. اما شیوه تجزیه و تحلیل مفیدی را برای تغییرات عمده در قابلیت فرسایش ناشی از ترکیب عواملی همچون کاربری زمین برای کشاورزی، آب و هوا، عوارض زمین ارائه مینماید این روش همچنین ارزش توجه بیشتر را به ویژه در مناطقی که تنظیم داده‌ها در محل و اطلاعات پایش درون رودخانه‌ای رسوبات در دسترس است دارا می‌باشد.

در کنار لزوم توسعه بیشتر مدل‌های تجزیه و تحلیل، نیاز به تولید اطلاعات پیش رفته میدانی در مورد فرسایش و کاهش رسوبات بسیار محسوس است. هودسون[3] گستره وسیعی از فنون ساده اندازه‌گیری میدانی را ارائه داد که برای استفاده در کشورهای در حال توسعه بسیار مفید است.

۳- گستره وسیعی از مدل‌های جبری و انتزاعی وجود دارند که برای شبیه‌سازی فیزیکی فرآیند فرسایش طراحی شده‌اند. اطلاعات مورد نیاز آنها برای تنظیم و اثبات بسیار حجیم و مفصل است. هرچند که این مدل‌ها ممکن است برتری‌های خاصی به ویژه در جزئیات مورد نیاز برای شبیه‌سازی انواع فعالیت‌های زراعی داشته باشند. ولی به علت نیازشان به اطلاعات گسترده و با علم به این حقیقت که عموماً داوری‌های مدیریتی برای تصمیم‌گیری در پای مزرعه همواره بر پایه اطلاعات کلی‌تر آمیخته با تجربه و حس عمومی صورت می‌گیرد برای کشورهای در حال توسعه چندان مناسب نیستند.

1- Universidade Federal do Rio Grande do Sul
2- Carvalho
3- Hudson , FAO 1993b

جدول (۸)- مقادیر برگزیده از میزان فرسایش خاک

محل	کاربری زمین	فرسایش خاک (تن در هکتار در سال)	ملاحظات
ایتالیا	گندم	۵/۶۱۴	میانگین اطلاعات میدانی ۷ ساله درباره مناطق مرکزی ایتالیا[1]
	ذرت	۱۸/۷۶۷	
	چراگاه	۲/۲۲۴	
فیلیپین	جنگل‌کاری و کشاورزی	۳۹/۷ – ۲۲	آورد رسوبات از حوضه‌های آبریز ایستگاه‌دار با سطح ۱۸ تا ۲۰۴۱ کیلومتر مربع در منطقه لوزون[2]
مراکش	زمین‌های بایر و چراگاه	۵۹ – ۲۵	مقدار محاسبه شده از رسوب‌گذاری در سه حوضه به وسعت ۱۰۷ تا ۷۸۰ کیلومتر مربع[3]
کنیا	زمین نیمه خشک و چراگاه	۷۹/۵	مقدار میانگین در سال ۱۹۸۶ برای هفت زیرحوضه به مساحت مجموع ۳۰هکتار[4]
بولیوی	اقلیم خشک و نیمه خشک‌اند	۵۱/۸ – ۵/۲۱	چهار حوضه آبخیز با سطح زیر ۱۰۰۰ کیلومتر مربع در مناطق سرچشمه[5]
انگلستان	کشاورزی	۱/۹ (خالص)	مزرعه فیشپول. مساحت زیر ۱ کیلومتر مربع[6]
لسوتو	کشاورزی	۷/۸ (خالص)	اندازه‌گیری صحرایی در مزرعه هاسوفونیو

میزان رسوب‌گذاری

میزان رسوب‌گذاری که معمولاً به صورت تن در واحد سطح به صورت سالانه ذکر می‌شود مقدار رسوبی است که در یک جای مشخص اندازه‌گیری شده و به مساحت حوضه تقسیم می‌شود. این رقم همواره کمتر از مقدار کل فرسایش است

1- Zanchi,C. 1988. The cropping pattern and its role in determining erosion risk; experimental plot results from the Mugello valley (central Italy). In: Sediment budgets. M.P. Bordas & D.E. Walling
2- White, S. 1988. Sediment yield and availability for two reservoir basins in central Luzon, Philippines
3- Lahlou, A. 1988. The silting of Moroccan dams. In: Bordas and Walling
4- Sutherland,R.A. and Bryan, R.B. 1988. In: Bordas and Walling
5- Guyot, J.L. et al. 1988. Exportation de matiere en suspension des Andes. In: Bordas and Walling
6- Walling D.E. and Quine, T.A. 1992. The use of caesium-137 measurments in soil erosion surveys.

زیرا مقداری از مواد در مسیر انتقال انباشته می‌شوند و به دلیل مشکلات اندازه‌گیری تغییرات موقتی فرآیندهای هیدرولوژیکی و تغییرات سالیانه مدیریت کاربری زمین در حوضه‌ها دامنه تغییرات زیادی دارد.

مقادیر موجود در جدول شماره (۸) بیان‌کننده طیف وسیع اندازه‌ها در شرایط اقلیمی مختلف و موقعیت‌های توپوگرافی متفاوت و همچنین بیانگر مشکلات موجود در تعبیر اطلاعات مربوط به رسوب‌گذاری به دلیل مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت است. همانگونه که پیش ازاین یادآور شد. نسبت آورد رسوبات طیف وسیعی از فرآیندهای ذخیره‌سازی در مقیاس مزرعه زیرحوضه و حوضه آبخیز را در بر می‌گیرد. مقادیر رسوب‌گذاری در طول زمان بسیار متغیر هستند و این تغییرات در سطح حوضه‌های کوچکتر بیشتر از حوضه‌های بزرگ است. در نتیجه مقادیر منتشره برای مقادیر رسوب‌گذاری (t/ha/yr) بایستی که با هوشیاری زیاد مورد تعبیر قرار گیرند. اطلاعات مربوط به ایتالیا در جدول (۸) تنها اطلاعات بر گرفته از سطح زمین کشاورزی هستند و اگر بر پایه اندازه‌گیری رسوب در سطح زیر حوضه انجام می‌گرفتند. مقدار آنها بسیار کمتر می‌گردید. مقادیر تغییرات در میزان رسوب‌گذاری ناشی از تغییر کاربری اراضی برای کشاورزی در جدول شماره ۹ نشان داده شده است.

جدول (۹)- افزایش در میزان رسوب‌گذاری به علت تغییر در کاربری زمین

محل	نوع تغیر کاربری زمین	میزان افزایش رسوب‌گذاری
راجستان هند	چرای بی‌رویه توسط دام	۱۸ – ۴ برابر
یوتا، آمریکا	چرای بی‌رویه در کوهپایه‌ها	۱۰۰ – ۱۰
اوکلاهما، آمریکا	چرای بی‌رویه و کشت	۱۰۰ – ۵۰
	کشت	۳۲ – ۵
تگزاس، آمریکا	جنگل‌زدایی و کشت و کار	۳۴۰
کالیفرنیای شمالی، آمریکا	تبدیل جنگل‌های شیبدار به چراگاه	۲۵ – ۵
می‌سی‌سی‌پی. آمریکا	جنگل‌زدایی و کشت و کار	۱۰۰ – ۱۰
جنوب برزیل	جنگل‌زدایی و کشت و کار	۴۵۰۰
وست لند، زلاندنو	ازبین بردن پوشش گیاهی	۸
اورگون، آمریکا	از بین بردن پوشی گیاهی جنگل	۳۹
انتاریو، کانادا	تبدیل به زمین کشاورزی	۱۴

تخمین میزان رسوب‌گذاری پیامدهای اقتصادی بسیار مهمی دارد. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه اطلاعاتی که بتوان بر مبنای آن عمر منابع را تخمین زد بسیار محدود است. به عقیده وایت[1] اندازه‌گیری‌های مربوط به رسوب‌گذاری انجام شده در آسیا بین ۲ تا ۱۶ برابر کمتر از مقادیر واقعی است و این بدین معنی است که عمر واقعی مخازن آب به شدت کاهش یافته است. این مشکل همچنین مشکل آفریقای شمالی نیز هست. بخشی از این مسئله برخاسته از کاربرد روش‌های پیشبینی نامطمئن و استفاده از اطلاعات کوتاه مدت است که عموماً دوره‌های زودگذر اما بسیار فرساینده (مثل طوفان‌های سخت) را در نظر نمی‌گیرند و بخشی ناشی از افزایش فشارهای حاصل از ساخت سدهای مخزنی بر زمین می‌باشد. بنا به گزارش وایت. سد ماگات در فیلیپین براساس پیش‌بینی میزان رسوب‌گذاری ۲۰ تن در هکتار در سال ساخته شد حال آنکه مقدار واقعی رسوب‌گذاری ۳۸ تن در هکتار در سال بود و عمر مفید را به نصف تقلیل داد. خسارات مربوط به رسوب‌گذاری در مخازن آب، تصفیه آب و غیره در جمهوری آفریقای جنوبی، در سال ۱۹۸۹ بالغ بر سالانه ۳۷ میلیون و ششصد هزار دلار آمریکا تخمین زده شد[2]. از آنجائیکه کشاورزی عامل اصلی رسوب‌گذاری است. لازم است که سازمان‌های ملی کشاورزی هزینه‌های مربوطه را بپردازند.

مشکلات مربوط به مقیاس

بسیاری از مجریان امر در تمامی جنبه‌های پایش، مدل‌سازی و پیش‌بینی در مدیریت منابع نامتمرکز آلودگی شناخت ضعیفی از عامل مقیاس داشته‌اند. عامل مقیاس نه تنها در هزینه‌های جمع‌آوری اطلاعات برای تنظیم مدل دخیل است. بلکه نقشی حیاتی برای قابلیت تعمیم اصول مدیریتی مناسب در سطوح بزرگتر برعهده دارد. به عنوان مثال در طول دهه ۱۹۷۰ بسیاری از طراحان مدل که درگیر طراحی

1- White , 1988
2- Braune and Looser, 1989

برنامه‌های مدیریتی برای کانون‌های نامتمرکز آلاینده در دریاچه‌های آمریکای شمالی بودند اظهار کردند که کاوش ارتباط علت و معلولی در بررسی مناطق کوچک و تعمیم آنها به حوزه‌های دریاچه‌های بزرگ امکان‌پذیر است. بعدها مشخص شد که محاسبات مذکور به دلایل مختلف با بزرگ شدن حوزه مربوطه نامطمئن می‌شوند.

مشکل کاوش با توجه به درجات نامعینی به طرز گویایی بازگو نشده است. بطور مثال، اگرچه لزوم کنترل فرسایش خاک کشاورزی برای مهار آبشستگی مواد مغذی خاک (به ویژه فسفر) بسوی آب‌های پذیرنده مشخص است اما هنوز مسافتی که فسفر شسته شده از خاک کشاورزی اثر خود را بروز می‌دهد، نامشخص است. سوال در اینجا این است که آیا کنترل فرسایش در مناطق مرتفع تأثیر فوری بر ذخایر آب پایین دست که صدها کیلومتر دورتر قرار دارند می‌گذارد. در اینجا ممکن است چنین به نظر آید که در طول زمان طولانی‌تر (مثلاً سال‌های متمادی) بارندگی‌ها و توفان‌های بزرگ بیشتر رسوبات حاصل از فرسایش را به سیستم رودخانه‌ها حمل خواهند کرد و بنابراین می‌توان فرض کرد که ارتباط یک به یک میان تولید رسوبات در مناطق مرتفع و حمل آن به مناطق پست‌تر وجود دارد. تحقیقی که توسط مید و تریمبل[1] در سال۱۹۷۴ انجام شد نشان می‌دهد که تجمع رسوبات در بستر رودخانه در طول زمان به صورت نامنظم انجام می‌گیرد. تجمع‌رسوبات در وسط رودخانه‌هایی که در کوهپایه‌های ایالات متحده جاری هستند نشان می‌دهد که رسوباتی که چندین دهه پیش فرسایش یافته بودند در طول حمل به دره، بعد از چند دهه رسوب‌گذاری شده‌اند. جدول شماره (۱۰) نشانگر تأثیر مقیاس مکانی بر ارزیابی حوضه آبریز است.

1- Meade & Trimble

جدول (۱۰)- تأثیر مقیاس مکانی بر ارزیابی حوضه‌ها

آ) مناطق کوچک (چند هکتار تا چندین کیلومتر مربع)
- سنجش جزئی و دقیق کاربری زمین و یا فعالیت‌های مدیریت زمین امکان‌پذیر است.
- اطلاعات جمع‌آوری شده از دهانه رودخانه لزوماً نمایانگر کاربری نهایی زمین نیست چرا که تأثیر پدیده‌های منفرد (مانند فرسایش شیاری) یا پدیده‌های اتفاقی (مانند اعمال خاصی که ممکن است یک کشاورز در زمینش انجام دهد) وجود دارد.
- اطلاعات رسوب‌گذاری در این مقیاس نسبت به مقیاس بزرگتر به پدیده فرسایش نزدیکتر است.
- هزینه بالا به دلیل تعداد ایستگاه‌های نظارتی مورد نیاز .
- رفتار فیزیکی نمونه‌ها می‌تواند به عنوان مدل در اشکال مورد نظر ارزیابی شود.
- این مقیاس برای نوآوری‌های مدیریتی در منطقه‌ای خاص مفید بوده اما برای نوآوری‌های کلی جهت پاسخگویی به کلیه مجهولات کاربری اراضی، کوچک است.
- اثرات مختصر و کوتاه مدت (به عبارت دیگر بکارگیری اطلاعات می‌تواند اثرات کوتاه مدت در مناطق کوچک را برطرف سازد).

ب) مناطق متوسط (ده‌ها تا چند صد کیلومتر مربع)
- قادر به ارائه تلفیقی از کاربری‌های زمین همسان و اطلاعات فیزیکی است.
- مقیاسی است که اعمال سیاست‌های کاربری اراضی برای منابع پراکنده می‌تواند در آن موثر باشد و میزان کارآمد بودن آن می‌تواند مورد ارزیابی قرار گیرد.
- اطلاعات فیزیکی و شیمیایی مستقیماً به فرسایش یا منابع مربوط نبوده ولی ارتباط بیشتری با آنچه حمل می‌شود دارند
- مقیاس مفیدی برای مطالعات فرآیند فرسایش نیست ولی می‌تواند برای ارزیابی روند کلی فرسایشی که به انتشار مواد شیمیایی از منابع می‌انجامد بکار رود.
- این مقیاس تعمیم اطلاعات ناشی از یک پدیده خاص (مانند یک شیار حاصل از فرسایش) را محدود می‌کند. این مقیاس پدیده‌ها را همسان کرده به گونه‌ای که اثرات آنها بتواند ترجیحاً با فرآیندهای اتفاقی در مقایسه با فرایندهای قطعی مدل‌سازی شود.
- مدل‌های قطعی در این مقیاس به مقدار بسیار زیادی اطلاعات نیاز دارند.
- برای ارزیابی اثرات زمین و کاربری زمین بر کمیت و کیفیت آب همچون اثر بالادست بر پایین دست بسیار مفید است.
- این اطلاعات اثرات مختلفی را در طی فصول آشکار می‌سازد.

ج. مناطق بزرگ (چند صد کیلومتر مربع)
- برای درک اثرات کاربری زمین و مدیریت زمین بر کیفیت آب‌های پایین دست یا نقش واحدهای فیزیوگرافیک طبیعی (به استثنای پدیده‌های کلان) بیش از حد وسیع است.
- برآوردی از انتقال رسوبات منطقه‌ای ارائه می‌دهد ولی نه از فرسایش
- می‌تواند برآوردی از تأثیر بر متغیرهای شیمیایی و فیزیکی آب‌های پذیرنده پایین دست ارائه کند.
- می‌تواند از دیدگاه عملکردی به مناطق متوسط ارتباط داده شود ولی مناطق کوچک خیر.
- مرتبط با رفتار رودخانه‌های اصلی است.
- عناصر مکانی با مدل‌های استوکاستیک (به جز مدل‌های هیدرولوژیکی) به بهترین نحو مدل می‌شوند.
- این مقیاس برای ارزشیابی گزینه‌های مدیریتی و یا ارزیابی کارآمدی آنها در مناطق بالادست مفید نیست.
- این اطلاعات‌اثرات متفاوت فصلی بروز داده و ممکن است تحت تأثیر پدیده‌های بلند مدت قرار گیرد.

نکته ضروری این است که در زمان طرح برنامه‌های مدیریتی برای کنترل فرسایش، مقیاس‌های زمانی و مکانی باید در نظر گرفته شوند. در حالیکه اثرات مثبت فیزیکی کوتاه مدت، حاصل از کنترل میزان رسوب‌گذاری، خیلی سریع در منابع آب آشکار می‌شوند، آلاینده‌های رسوبی مرتبط به آنها که در بستر رودخانه‌ها تجمع می‌یابند به سالها وقت نیاز دارند تا مجدداً از بستر رودخانه به جای دیگر حمل شوند و با کنترل فرسایش منابع بالادست، تغییر چندانی در وضعیت آنها مشاهده نمی‌گردد.

پیشنهادها

پیشنهادهای زیر منعکس‌کننده دو مقیاس بسیار متفاوت و به نوبه خود دو نوع موضوع متفاوت هستند. در مقیاس کوچک راهکارهایی وجود دارند که در مقیاس مزرعه بیان شده‌اند و می‌توانند توسط شخص کشاورز با در نظر گرفتن هزینه‌های اقتصادی آن بکار گرفته شوند اما در مقیاس وسیعتر (حوضه آبخیز) موضوعاتی مربوط به سیاست کلی و نیازهای سرمایه‌گذاری کشوری وجود دارد. این بعد قضیه مباحثی از قبیل مقایسه سهم کشاورزی در آلودگی رودخانه‌ای با سایر منابع آلاینده را در برمی‌گیرد.

۱ ـ قابل فهم کردن هزینه‌ها

اگرچه در کشاورزی دیم کنترل فرسایش از سرچشمه عامل اصلی در بهبود کیفی آب و اثرات بوم شناختی مربوط به آن است، اما اینکار تنها زمانی موفقیت‌آمیز خواهد بود که کشاورز آن را از دیدگاه اقتصادی سودآور تشخیص دهد. بنابراین مزایای اقتصادی کارهایی نظیر حفظ حاصلخیزی خاک، کاهش مصرف انرژی در شرایط حداقل خاک‌ورزی و غیره باید در مقایسه با هزینه‌های افزایش مصرف کود و کاهش حاصلخیزی خاک به وضوح برای کشاورزان تشریح شود. این بدین معنی است که بنگاه‌های کشاورزی باید از دیدگاهی کلان، مسائل اقتصادی مرتبط با کشاورزی را مورد نظر قرار دهند.

۲- ابزار پردازش و برآورد

در حال حاضر نیاز مبرمی به طراحی مدل‌های پردازشی ساده و نیرومند در کشورهای در حال توسعه حس می‌شود که از طریق آنها قابلیت فرسایش و از دست رفتن خاک در سطح مزرعه تعیین گردد. این مدل‌ها باید قابلیت سازگاری با گزینه‌های متنوع مدیریت اراضی و محصول را داشته باشند. منابع اطلاعاتی مورد نیاز باید نسبتاً کوچک و قابل دسترسی باشند و نیازی به تنظیم همیشگی (روزآمد کردن) داده‌ها نداشته باشند و به صورت فصلی و سالیانه قابل جمع‌آوری باشند. تنظیم و درجه‌بندی تکمیلی معادله عمومی تلفات خاک[1] (و مشتقات آن) و مدل ارزیابی خاک از دست رفته در جنوب آفریقا[2] توصیه می‌شود. این مدل‌ها باید از دیدگاه قابلیت اجرا برای تصمیم‌گیری در سطح مزرعه توسعه یابند و نیازی به بحث بیشتر درمورد فیزیک فرسایش و حمل رسوبات نیست.

در مقیاس بزرگ، مدل‌های پردازش برای تبیین سیاست‌های مهار فرسایش کاربری زمین در مقیاس حوضه آبخیز مورد نیاز هستند. مدل‌های بررسی تلفات خاک احتیاج به اطلاعات تنظیم شده (کالیبره) کافی دارند تا ضریب خطاها که طبیعت مقیاس‌های بزرگ است با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ها شناخته شوند. استفاده از اطلاعات مربوط به تجمع رسوبات که توسط ایستگاه‌های کنترلی مسیر رودخانه‌ها بدست می‌آید جایگزین مناسبی برای این امر نیست چرا که مقادیر زیادی از رسوبات در مسیر حمل خود از مزرعه به رودخانه از جریان جدا می‌شوند.

۳ ـ مهار فرسایش

راه حل واحدی برای مهار فرسایش وجود ندارد. ابزار کنترلی تا حد زیادی بستگی به توانایی اقتصادی کشاورز، میزان اهمیت قائل شده توسط مقامات زیست محیطی برای فرسایش و رسوبات، سرمایه در دسترس و پیشرفتگی کشور دارد. اقدامات کنترلی زیر توسط حفاظت محیط زیست آمریکا[3] گروه‌بندی و پیشنهاد

1- USLE
2- SLEMSA
3- US-EPA

گردیده‌اند. این اقدامات در بسیاری از کشورهای دنیا از جمله کشورهای در حال توسعه به کار گرفته شده‌اند. راهکارهای زیر همچنین دارای اثرات سودمندی در حفظ نیتروژن و فسفر موجود در خاک هستند.

پوشش محافظتی

ایجاد و حفظ پوشش گیاهی دائمی برای محافظت از خاک و منابع آب در زمین‌هایی که از کشت محصول کنار گذاشته شده‌اند.

محصول‌کاری حفاظتی (متناوب)

رشته‌ای از محصولات در نظر گرفته شده‌اند تا با کاشت آنها باقیمانده ماده آلی کافی برای حفظ حاصلخیزی خاک فراهم شود. بالا بردن مواد آلی موجب کاهش فرسایش خاک می‌شود. همچنین می‌تواند چرخه تولیدمثل علف‌ها، آفت‌ها و بیماری‌ها را مختل کرده و موجب کاهش در میزان مصرف آفت‌کش‌ها گردد. این گیاهان می‌توانند علوفه و گیاهان بنشنی (بغولات) باشند که به توالی کاشته می‌شوند.

کشت حفاظتی

این سیستم کاشت که به کشت تُنُک نیز معروف است. عبارتست از پوشاندن حداقل ۳۰٪ از سطح خاک به وسیله بقایای برداشت از محصول قبلی به گونه‌ای که خاک از پوشش گیاهی کافی برخوردار باشد. از طریق این پوشش فرسایش خاک و آبشستگی کاهش یافته و تراوش و نفوذپذیری آب به سفره‌های زیرزمینی نیز بال امی‌رود. کشت بدون خاک‌ورزی در آمریکای شمالی متداول است و نوعی کشت حفاظتی می‌باشد.

کشت بر روی خطوط تراز

شخم، کاشت و دیگر فعالیت‌های کشاورزی که بر روی خطوط همتراز زمین صورت میگیرند فرسایش خاک را به حداقل می‌رسانند.

محصولات پوششی و کود سبز

گیاهان علفی متراکم، گیاهان بنشنی و یا غلات دانه‌ریز به صورت کشت پیش‌رس برای محافظت فصلی و اصلاح خاک کاشته می‌شوند. این گیاهان معمولاً برای یک سال یا کمتر کاشته می‌شوند.

کاشت در مناطق بحرانی

کاشت گیاهانی مانند درختان، درختچه‌ها، تاک، علف‌ها و گیاهان بنشنی در مناطق در حال فرسایش یا فرسایش‌خیز.

استفاده از بقایای گیاهی

استفاده از بقایای گیاهی جهت محافظت از زمین‌های کاشته شده در طول دوران بحرانی فرسایش.

تأخیر در زمان آماده‌سازی خزانه

هر گونه سامانه کاشت که در آن باقیمانده محصول تا زمان کوتاهی قبل از دوره بعدی کاشت نگه داشته شود باعث کاهش فرسایش خاک در زمان فرسایش می‌شود.

راهبندها

ساخت نهرهایی در عرض شیب‌ها با لبه نگهدارنده در طرف پایینی آن به وسیله مهار رواناب‌ها در سراشیبی‌ها، فرسایش خاک کاهش یافته و نفوذ آب به منابع آب زیرزمینی افزایش می‌یابد.

مرزهای کشتزار و نوارهای صافی

ایجاد نواری از گیاهان علفی چند ساله در امتداد مرزهای کشتزارها باعث کاهش سرعت آبشستگی و به دام انداختن رسوبات سنگین می‌شود. این راه برای مهار رسوبات ریزدانه و سایر آلاینده‌های همراه آنها مفید نیست.

آبراهه‌های پوشیده از چمن

نهری طبیعی یا دست‌ساز که سطح آن شکل یافته و پوشیده از گیاه است. فرسایش را کاهش می‌دهد. گیاهان همچنین می‌توانند رسوبات حمل شده از مزارع همجوار را نگه دارند.

حوضچه‌های رسوبگیر

بسترهایی که به منظور جمع‌آوری و نگهداری رسوبات در زمان آبشستگی ساخته می‌شوند. از آنها به عنوان استخرهای ماند نیز یاد می‌شود. رسوب در زمان درنگ در این استخرها از رواناب جدا شده و ته‌نشین می‌گردد.

کشت نواری

پرورش گیاهان با شکل و ترتیبی منظم به صورت نواری در عرض شیب‌ها (نه بر روی خطوط همتراز) جهت کاهش فرسایش ناشی از آب محصولات به صورتی آرایش داده می‌شوند که نواری از علف یا گیاهان فشرده کاشته شده به شکل یک در میان با کشتزارهای کم تراکم یا زمین‌های آیش شده همراه گردند.

پلکانی کردن شیب‌ها

پلکان‌هایی در عرض شیب‌ها ساخته می‌شوند تا آن را توسط سطوح صاف شکسته و با کند کردن سرعت رواناب‌ها از فرسایش جلوگیری کنند. این پلکان‌ها دارای پوشش گیاهی هستند و از سنگ و مصالح مشابه ساخته شده‌اند. پلکان‌بندی معمولاً روی شیب‌های خیلی تند صورت می‌گیرد و بر روی شیب‌های ملایم طولانی که پله‌ها بسیار پهن هستند.

قابل ذکر است که در مناطق حاره کاربرد برخی از این روش‌ها ممکن است موجب بروز موقعیت‌های افزایش عوامل انتقال‌دهنده امراض و بیماری‌ها شود چرا که باعث راکد ماندن و یا کندی جریان آب می‌شوند.

اطلاعات جمع‌آوری شده از تأسیسات خلیج چساپک[1] واقع در ایالات متحده آمریکا رده‌بندی هزینه روش‌های کنترل فرسایش خاک را نشان می‌دهد. (جدول ۱۱). براساس این جدول شاخص‌ها و رده‌بندی هزینه‌ها بسیار متفاوت هستند. این امر به خصوص در مناطقی از دنیا که نیروی کار ارزان وجود دارد و انتفاع مستقیم اقتصادی در عملیات نیز مطرح می‌شود، مشهود است. برای مثال ممکن است نوارهای صافی علفی صرفه اقتصادی نداشته باشند و با گزینه‌های دیگر از جمله آمیخته‌ای از درختان میوه و پوشش گیاهی علفی جایگزین شوند.

جدول (۱۱)- برآورد هزینه سالانه برای فعالیت‌های برگزیده مدیریت مهار فرسایش خاک در ایالات متحده آمریکا

نوع فعالیت	رده
نواری علفی صافی در اطراف زمین	۱ (کمترین هزینه)
محصولات پوشش‌دهنده	۲
کشت نواری	۳
کشت حفاظتی	۴
احیا جنگل‌ها در کشتزارها و مراتع	۵
راهبندها	۶
گیاه‌کاری دائمی در مناطق بحرانی	۷
پلکانی کردن شیب‌ها	۸
حوضچه‌های رسوبگیر و سازه‌های آن	۹ (بالاترین هزینه)

فرسایش در مناطق حاره مشکلات خاص خودش را دارد. عملیات حاشیه‌ای کشاورزی مثل قطع درختان و سوزاندن گیاهان در مناطقی که در معرض فرسایش

1- Chesapeake

شدید قرار دارند و کشت و زرع روی شیب‌های تند مناطق گرمسیری منجر به وضعیت بی‌ثباتی می‌گردد که فرسایش شدید در فصول بارانی را به همراه دارد. همچنین جنگل‌زدایی در زمین‌های حاره‌ای چه به منظور کشاورزی و چه استفاده از الوار، زمین را لخت و آماده فرسایش می‌کند. در بسیاری از کشورهای منطقه حاره فرسایش ناشی از مناطق جنگل‌زدایی شده تأثیر بسیار مخربی بر مناطق ساحلی، از جمله تخریب صخره‌های مرجانی نزدیک سواحل دارد. مدیریت ضعیف اراضی، مثل چرای بیش از حد حیوانات به خصوص بر روی تپه‌ها اغلب منجر به فرسایش جدی می‌شود که به دلیل عمق تخریب و هزینه‌های سنگین بازسازی دامنه تپه‌ها جبران‌ناپذیر بوده یا لااقل بسیار دشوار است. روش‌های مهار فرسایش مناطق نیمه خشک به تفضیل توسط هودسون[1] توضیح داده شده است.

با اینکه پیشنهادها برای مهار استفاده‌های نادرست از اراضی خود بسیار آشکار هستند. دلایل بنیادی مشکلات را باید در اهداف اقتصادی ملی که اغلب سازگار با واقعیت‌های زیست محیطی و کیفیت آب نیستند و همچنین سیاست‌های اجتماعی که کار زیادی برای مهار تخریب ناشی از کشاورزی انجام نمی‌دهند.جستجو کرد.

1- Hudson , FAO, 1987

فصل ۳

کودها به عنوان آلاینده‌های آب

خوراک‌ور شدن آب‌های سطحی

خوراک‌وری (اوتروفیکاسیون) عبارتست از غنی شدن آب‌های سطحی توسط مواد مغذی گیاهان. اگرچه خوراک‌وری به صورت طبیعی صورت می‌گیرد اما منابع انسان ساخت مواد مغذی به گسترش آن دامن می‌زنند. وضعیت غذایی آب دریاچه‌ها نکته اصلی در مدیریت دریاچه‌هاست. این امر ارتباط بین وضعیت غذایی دریاچه و رشد مواد آلی موجود در دریاچه‌ها را توصیف می‌کند. خوراک‌وری فرآیند تغییر یک وضعیت غذایی به وضعیت بالاتر از طریق اضافه شدن مواد مغذی است. کشاورزی عامل مهمی در غنی‌سازی آب‌های سطحی به شمار می‌آید.

کامل‌ترین مطالعه انجام گرفته در جهان در مورد غنی‌سازی، توسط برنامه سازمان همکاری اقتصادی و توسعه[1] (OECD) در دهه ۱۹۷۰ در ۱۸ کشور انجام پذیرفت[2]. وضعیت غذایی به ترتیب از وضعیت غذایی ضعیف تا وضعیت غذایی غنی در جدول (۱۲) نشان داده شده است.

اگرچه نیتروژن و فسفر هر دو عامل خوراک‌ور شدن آب هستند. دسته‌بندی وضعیت‌های غذایی براساس آن ماده مغذی انجام می‌شود که عامل محدودکننده محسوب می‌گردد. در اکثر موارد، فسفر به عنوان یک ماده غذایی محدودکننده به شمار می‌آید. با وجود اینکه اثرات پدیده خوراک‌وری همچون توده‌های بزرگ جلبک‌ها کاملاً آشکار و قابل مشاهده هستند، فرآیند این پدیده پیچیده و سنجش آن مشکل است. در اینجا مجال بحث گسترده در مورد جنبه علمی خوراک‌وری نیست. با وجود این، عوامل ذکر شده در جدول (۱۳) نشانگر انواع متغیرهایی هستند که باید مدنظر قرار گیرند.

1- Organization for Economic Cooperation and Development
2- Vollenweider et al., 1980

از آنجائیکه ارتباط پیچیده‌ای در میان اکثر متغیرهای مؤثر در خوراک‌وری وجود دارد «یانوس» و «فولندوایدر»[1] در سال۱۹۸۱ بدین نتیجه رسیدند که ارائه یک الگوی مشخص برای تمایز بین درجات مختلف پدیده غنی‌شدن آب غیر ممکن است. به عنوان مثال آنها با در نظر گرفتن کل فسفر و کلروفیل موجود در آب یک دریاچه به ترتیب به مقدار غلظت ۱۰ و ۲/۵ میلی گرم در متر مکعب. احتمال درجه‌بندی (به درصد) آن را به صورت زیر محاسبه کردند:

	فسفر	سبزینه (کلروفیل)
خوراک‌وری بسیار ناچیز (اولترا- اولیگوتروفیک)	٪ ۱۰	٪ ۶
خوراک‌وری ناچیز (اولیگوتروفیک)	٪ ۶۳	٪ ۴۹
نیمه خوراک‌ور (مزوتروفیک)	٪ ۲۶	٪ ۴۲
خوراک‌ور (اوتروفیک)	٪ ۱	۳
فراخوراک‌ور (هیپرتروفیک)	٪ ۰	٪ ۰

جدول (۱۲)- رابطه میزان غنی سازها و مشخصه‌های دریاچه

وضعیت غذایی	مواد آلی (mg/m^3)	متوسط کل فسفر (mg/m^3)	حداکثر کلروفیل (mg/m^3)	عمق "سچی[2]" (متر)
خوراک‌وری ناچیز(اولیگوتروفیک)	کم	۸	۴/۲	۹/۹
نیمه خوراک‌ور (مزوتروفیک)	متوسط	۲۶/۷	۱۶/۱	۴/۲
خوراک‌ور (اوتروفیک)	بالا	۸۴/۴	۴۲/۶	۲/۴۵
فراخوراک‌ور (هیپرتروفیک)	بسیار بالا	۷۵۰ -۱۲۰۰	-	۰/۴-۰/۵

1- Vollenweider , Janus
2- Secchi depth

مقادیر مندرج در جدول بالا از گزارش مقدماتی OECD برگرفته شده و براساس میانگین هندسی به دست آمده‌اند. عمق «سچی» معیاری برای سنجش کدورت ستون آب در یک دریاچه است (عمق نفوذ نور آفتاب).

جدول (۱۳)- پارامترهای سنجش و پایش پدیده خوراک‌وری (اوتروفیکاسیون)

متغیرهای پدیدآورنده	متغیرهای پدیدآمده	
	تغییرات کوتاه مدت: کم تا متوسط	**تغییرات کوتاه مدت: زیاد**
بارگذاری مواد مغذی کل مقدار فسفات ارتو فسفات کل نیتروژن نیتروژن معدنی نیتروژن کلدال **غلظت مواد مغذی** مشابه بالا سیلیس فعال دیگر مواد (میکروالمان‌ها)	توده زوپلانکتون‌های زنده توده جانوران زنده ته آب تفاوت غلظت نیتروژن و فسفر و سیلیس در تابستان و زمستان در لایه اپیلیمنیا اکسیژن محلول در لایه هیپولیمنیا و تغییرات آن تولید سالانه مواد اولیه	توده‌های زنده فیتوپلانکتون گروه‌های عمده جلبکی و گونه‌های غالب کلروفیل نوع a و رنگدانه‌های گیاهی دیگر نیتروژن و ذرات کربن آلی آهنگ تولید روزانه مواد اولیه قابلیت مشاهده دیسک "سچی"

نشانه‌ها و تأثیرات پدیده خوراک‌وری عبارتند از:

- افزایش در تولید و توده‌های فیتوپلانکتون جلبک‌های چسبنده و ماکروفیت‌ها
- تغییر در مشخصه‌های موجودات زنده بومی به واسطه تغییر در تجمع گیاهان آبی
- جایگزینی ماهی‌های مرغوب (مثل ماهی آزاد در کشورهای غربی) با ماهی‌های نامطلوب
- تولید سموم توسط برخی جلبک‌ها
- افزایش هزینه راهبری در تأسیسات تأمین آب آشامیدنی شهرها به خاطر مزه و بوی بد آب، به خصوص در دوره‌هایی که جلبک‌ها تولید می‌شوند.

- کمبود اکسیژن در آب به خصوص بعد از جوانه زدن در زمان تولید مثل جلبک‌ها که به مرگ و میر ماهی‌ها می‌انجامد.
- پر شدن و گرفتگی کانال‌های آبیاری توسط علف‌های آبی (رشد سنبل آبی یک مشکل مقدماتی است و لزوماً به دلیل خوراک‌وری نیست).
- عدم امکان استفاده‌های تفریحی به دلیل رشد علف‌ها و بوی بد ناشی از فساد جلبک‌ها
- ایجاد موانع در قایق رانی به دلیل رشد زیاد علف‌ها
- ضررهای اقتصادی به خاطر تغییر گونه‌های ماهی‌ها و کشته شدن ماهی‌ها.

شکل (۸)- رویش جلبک در دریاچه‌ای در مرغزارهای کانادا به علت هرزآب‌های کشاورزی توده‌های جلبک در سطح ساحل دیده می‌شود.

نقش کشاورزی در غنی‌سازی آب

فائو و کمیسیون اقتصادی سازمان ملل در اروپا (ECE) در خلاصه‌ای که در سال ۱۹۹۱ در مورد اثرات کودها در کیفیت آب منتشر ساختند. مشکلات زیر را برشمردند.

- غنی‌سازی آب‌های سطحی می‌تواند، برای مثال، منجر به رشد انفجاری جلبک‌ها که خود سبب تغییرات مخرب در موازنه‌های بیولوژیکی می‌گردند، شود (مثل کشته شدن ماهی‌ها) این امر در مورد آب‌های محصور (مثل آبگیرها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها) و آب‌های آزاد صادق است.
- سفره‌های آب زیرزمینی عموماً درحال آلوده شدن به وسیله نیترات‌ها هستند. در تمامی کشورها، آب‌های زیرزمینی منبع مهمی برای آب آشامیدنی هستند. در برخی مناطق آب‌های زیرزمینی به قدری آلوده شده‌اند که بر طبق استانداردهای موجود، به هیچ عنوان قابل آشامیدن نیستند.

با وجود اینکه (براساس گفته فائو و کمیسیون اقتصادی در سال ۱۹۹۱) این مشکلات اغلب به کودهای معدنی ارتباط داده می‌شود. در برخی مناطق ناشی از کاربرد بیش از حد و بی رویه کودهای آلی (فضولات دامی) است.

نقش دقیق کشاورزی در خوراک‌وری (اوتروفیکاسیون) آب‌های سطحی و آلوده سازی آب‌های زیرزمینی به راحتی قابل محاسبه نیست. در جاهائیکه ایمنی تضمین شود می‌توان از ایزوتوپ‌های زیست محیطی برای ردیابی مسیر ورود آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی استفاده کرد. در سال ۱۹۹۲ به نقل از مطالعات ایزرمان[1] چنین محاسبه شد[2] که کشاورزی اروپا مسئول ۶۰ درصد از نیتروژن و ۲۵ درصد از فسفر وارده به دریای شمال است. کشاورزی همچنین کمک مهمی به ورود نیتروژن اتمسفری در دریای شمال و بالتیک می‌کند که سهم آن در این دو دریا به ترتیب ۶۵ و ۵۵ درصد است. چکسلواکی اعلام کرده است که عامل ۴۸٪ از آلاینده‌های آب‌های سطحی، کشاورزی است. نروژ و فنلاند گزارش داده‌اند که عامل اصلی غنی‌سازی

1- Isermann, 1990
2- RIVM, 1992

آب‌های سطحی ،کشاورزی است. مصرف بیش از اندازه نیترات‌ها و فسفرها به عنوان عامل اصلی رشد جلبک‌ها در حوضه آدریاتیک ذکر شده‌اند و مشاهدات مشابهی در سواحل دانمارک به ثبت رسیده است. آلودگی شدید سفره‌های زیرزمینی توسط نیترات‌ها در هلند نیز گزارش شده است[۱]. بنا به گزارش اپلگرن[۲] ۵۰ درصد از چاه‌های کم عمق که برای استفاده از سفره‌های زیرزمینی در کشور لیتوانی حفر شده‌اند توسط یک میلیون روستایی در این کشور مورد استفاده برای آشامیدن قرار می‌گیرند که به دلیل میزان بالای آلاینده‌هایی همچون آفت‌کش‌ها و انواع نیترات برای آشامیدن مضر هستند. در دهه ۱۹۶۰ دریاچه "اری" (یکی از دریاچه‌های آمریکای شمالی) توسط مطبوعات دریاچه مرده اعلام شد چرا که میزان تجمع نیترات‌ها و در پی آن رشد زیاد جلبک‌ها، کشته شدن ماهی‌ها و تجمع رسوبات بی‌هوازی در آن رخ داده بود.

گرچه ECE در سال ۱۹۹۲ فضولات حیوانی را به عنوان منابع آلاینده متمرکز قلمداد کرد و آن را از محاسبات نقش کمکی کشاورزی به پدیده خوراک‌وری در اروپا حذف کرد، اما آمار آنها نشانگر آنست که حدود ۳۰٪ از کل فسفر موجود در آب‌های محصور قاره اروپا ناشی از فضولات حیوانی است و ۱۷٪ بقیه ناشی از عوامل دیگر کشاورزی است. وضعیت نیتروژن نیز مثل فسفر از کشوری به کشور دیگر متفاوت است. دانمارک آماری ارائه داد که براساس آن ۵۰٪ نیتروژن غیر آلی ناشی از همین فضولات است. نیتروژن حاصل از منابع آلاینده غیر متمرکز کشاورزی در هلند ۷۱٪ کل نیتروژن تولید شده در این کشور را تشکیل می‌دهد.

تحقیقی که توسط رایدینگ[۳] در سال ۱۹۸۶ در سوئد انجام شد نشان داد که چگونه وضعیت مواد مغذی در دریاچه‌هایی که بی‌تأثیر از عوامل آلاینده صنعتی و شهری بودند، تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی در حوضه آبخیز در بلند مدت دگرگون شد.

1- FAO, ECE, 1991
2- Appelgren, FAO, 1994b
3- Ryding

از سال ۱۹۷۳ تا سال۱۹۸۱ وضعیت مواد مغذی دریاچه اورن[1] از ۷۸۰ به ۱۰۰۰ میلی‌گرم در متر مکعب برای نیترات و از ۱۰ به ۴۵ میلی‌گرم در متر مکعب برای فسفر رسید. قابلیت نفوذ نور در آب دریاچه از ۶/۲ متر به ۲/۶ متر رسید و دچار رشد زیاد جلبک‌ها بطور فصلی گشت.

همانگونه که در فصل ۱ گفته شد، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا کشاورزی را به عنوان عامل اصلی تخریب دریاچه‌ها و رودخانه‌های کشور دانست و مواد مغذی را پس از رسوبات در جایگاه دوم به عنوان مهمترین آلاینده‌های رودخانه‌ها و دریاچه‌ها به شمار آورد.

مقادیر ذکر شده در جداول ۱۴ و ۱۵ نشانگر تلفات مواد مغذی است که در سطح زمین‌های کشاورزی، دشت‌ها و زیرحوضه‌ها اندازه‌گیری شده‌اند. محصولاتی همچون ذرت که به کود فراوان احتیاج دارند در مقایسه با چراگاه‌ها که نیاز کمتری به کود دارند تلفات بیشتری نشان می‌دهند. کاربری‌های کشاورزی همراه با مدیریت ضعیف اراضی علاوه بر آنکه موجب فرسایش می‌گردند، تلفات مواد غذایی زیادی را موجب می‌گردند. زباله‌ها فضولات دامی و لجن‌ها می‌توانند خاک را به فرآورده‌هایی بیالایند که از دیدگاه مواد مغذی مورد نیاز گیاه صد برابر خطرناک‌تر از کودها می‌باشند. این موضوع در مناطق حاشیه شهری در بیشتر کشورهای در حال توسعه به صورت مشکلی عمده برای محیط زیست و کیفیت آب در آمده است. بسیاری از مؤلفان گزارش داده‌اند که به دلیل تغییرات رژیم آبی (هیدرولوژیکی) از سالی به سال دیگر درجات بالایی از تغییرات را باید در مناطق منفرد انتظار داشت. معنای ضمنی این امر آنست که ابزارهای برآوردی که از مقادیر متداول بار مواد مغذی در محاسبات استفاده می‌کنند. بایستی انتظار حد بالایی از عدم قطعیت را داشته باشند و اگر تنها بر اساس داده‌های حاصل از یک سال برآورد انجام شود ممکن است دچار خطاهای بزرگی شوند.

1- Oren

جدول (۱۴)- مقادیر برگزیده از تلفات مواد مغذی

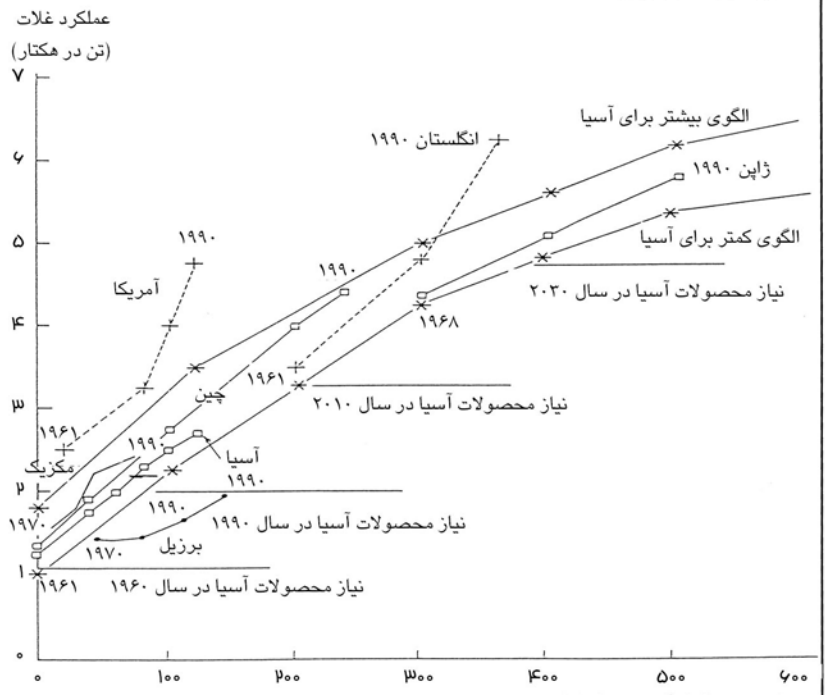
محل	کاربری زمین	فسفر کیلوگرم در هکتار بر سال	نیتروژن کیلوگرم در هکتار بر سال	ملاحظات
اونتاریو جنوبی	کشتزار	۰/۴۱۵		فسفر پیوسته با رسوبات. میانگین ۱۴ حوضه
	زمین‌های توسعه نیافته	۰/۰۸		
	ذرت و سیب زمینی		۲۶	بر گرفته از ۱۱ حوضه آبخیز
	غلات. لوبیا. سبزیجات. تنباکو		۳/۶	همانند بالا
	یونجه‌زار و مراتع توسعه نیافته		۰/۱	همانند بالا
	زمین‌های توسعه نیافته		۰/۰	همانند بالا
حوضه دریاچه‌های بزرگ (آمریکای شمالی)	کشتزار		۰/۲-۳۷/۱	دامنه تغییرات در ۱۵ مطالعه بر نیتروژن تخلیه شده به جریان‌های آبی
مجارستان	کشتزار	۱/۱۴۲		نتایج سال۱۹۸۴ برای حوضه آبریز دریاچه بالاتون به وسعت ۷۳ کیلومتر مربع
هلند و دانمارک	مجموعه کشاورزی و دامداری		۳۱۶	کود بکار رفته: ۶۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار
آمریکا	کشتزار		۶۴	جائیکه دام زیادی وجود ندارد
ساحل عاج	کشاورزی	۲۹	۹۸	بخش پایین دست کشور

جدول (۱۵)- تلفات نسبی نیتروژن و فسفر ناشی از شسته شدن (درصد تغییر میان حالت بدون کود و با کود)

نوع مدیریت	نوع محصول	درصد تغییر	
		فسفر	نیتروژن
تناوبی	ذرت	+۱۰	+۶۵
	چاودار. یونجه	- ۵	+۳۳
	یونجه سال یکم	+ ۱۷	- ۸
	یونجه سال دوم	+۵۹	+ ۹
پیوسته	ذرت	+۱۲	+۱۰۲
	بلوگراس (نوعی علوفه)	+۱۲	- ۶۹
میانگین		+۱۷	+۲۷

مدارک زیادی مبنی بر افزایش مصرف جهانی کودها در طول چند دهه گذشته وجود دارد. شکل (۹) نشانگر روند آن در گذشته و پیش‌بینی نیاز به مصرف کودها در آینده است. با این وجود مصرف کودها اعم از شیمیایی یا آلی تنها عامل آلاینده کیفیت آب‌های پایین دست نیست. عامل مهمتر، عملیات مدیریتی اراضی است که در تولید محصول اعمال می‌گردد.

شکل (۹)- توسعه مصرف کود و رشد بازده محصول در کشورهای آسیا، اروپا آمریکای لاتین و ایالات متحده



خطر دیگری که وجود دارد این است که فرض کنیم تمام آب‌ها در تمامی مناطق بایستی که طبیعتاً از سطح مواد مغذی پایینی برخوردار باشند. در برخی مناطق، مثل دریاچه‌های واقع در نزدیکی خاک‌های زراعی حاصلخیز، آب‌ها در زمان قدیم نیز به واسطه فرسایش طبیعی خاک حاصلخیز و آبشستگی آن به دریاچه از درجه بالای مواد مغذی برخوردار بوده‌اند. بطور مثال براساس شواهد به جای مانده از ساکنین اولیه حاشیه دریاچه‌ای واقع در کانادا، آب این دریاچه به علت رشد جلبک‌ها سبز بوده است. در برخی مناطق، مثل آسیا تمدن‌های اولیه چنان بر کیفیت آب تأثیر گذاشته‌اند که دیگر سطوح طبیعی مواد مغذی را نمی‌توان در آن یافت. در چنین موقعیت‌هایی وجود پدیده خوراک‌وری گو اینکه انکارناپذیر است. بایستی در برابر آئین‌نامه‌های سختگیرانه‌ای که مبانی کیفی آب را براساس نیازهای اجتماعی برای مصرف سودمند بازتاب می‌دهند مورد سنجش قرار گیرد.

کودهای آلی

اهمیت و در برخی موارد، مشکلات مرتبط با کودهای آلی باعث شده تا این بخش به آن اختصاص داده شود. در تمامی دنیا از فضولات گاو و گوسفند، خوک و ماکیان به عنوان کود استفاده می‌شود. در برخی از کشورهای آسیایی از کودهای انسانی نیز در کنار کودهای حیوانی برای کشاورزی و پرورش ماهی استفاده می‌گردد. با این حال دامداری فشرده در برخی نواحی باعث فرسایش زیست محیطی گردیده و در اروپا و آمریکا شمالی قوانین و مراقبت خاصی برای آن در نظر گرفته شده است. در مناطقی مثل شرق و جنوب هلند که دامداری فشرده انجام می‌گیرد، میزان فضولات از حد ظرفیت اراضی آن محل به شدت تجاوز کرده و موجب مشکلات عدیده زیست محیطی گردیده است.

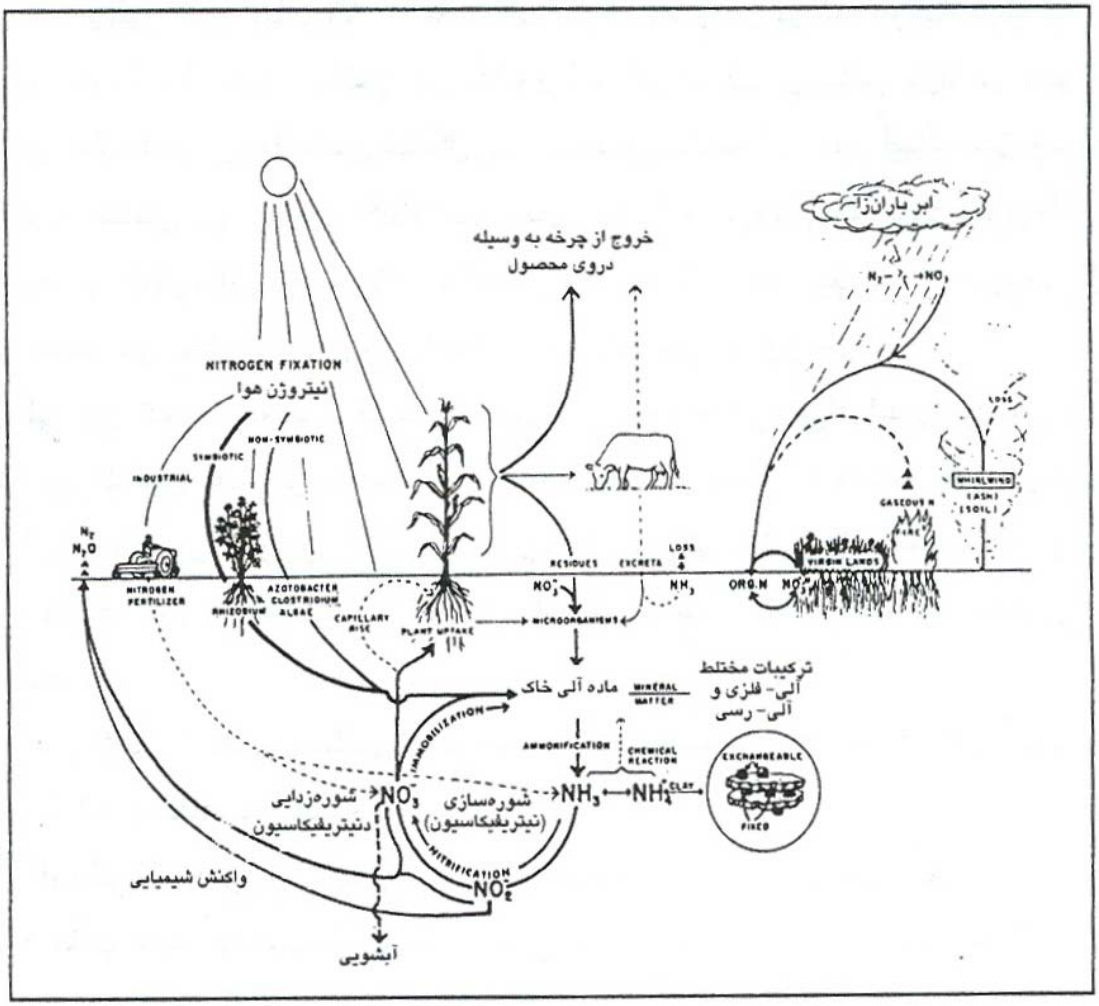
علاوه بر مشکلات مربوط به استفاده بیش از حد کود حیوانی در سطح اراضی، مشکل هرزآب‌های دامداری و مرغداری‌های صنعتی نیز شایان ذکر است. اگر چه این مشکل در بسیاری از کشورهای غربی مهار می‌شود ولی در بسیاری از دیگر کشورها به صورت عامل آلاینده مهمی برای منابع آب پدید آمده است. برای مثال بنا

به گزارش اپلگرن[1] در سال ۱۹۹۱، فضولات خوک ناشی از تراکم خوکداری‌ها عامل مهمی در آلودگی آب‌های سطحی در کشور لیتوانی است. براساس گزارش فائو و کمیسیون اقتصادی اروپا همین مشکل در مورد رودخانه "پو" در ایتالیا نیز وجود دارد. اداره کشاورزی کشور کانادا در سال ۱۹۷۸ با بررسی جزئیات مربوط به دامداری‌ها و انبارسازی فضولات حاصله، برآورد کرد که نیم تا ۱۳ درصد کل انباشت فسفر در بخش کانادایی دریاچه‌های بزرگ ناشی از این امر است[2].

عواملی مثل تبخیر آمونیاک که به اسیدی شدن خاک و آب می‌افزاید را نیز می‌توان به راه‌های متداول افت کیفیت مثل رواناب سطحی و نفوذ آلاینده‌ها به سفره‌های زیرزمینی افزود. در مروری که بر اثرات زیست محیطی ناشی از دامداری در اروپا صورت گرفت، فائو و کمیسیون اقتصادی اروپا در سال ۱۹۹۱ تأثیرات مهم زیر را برشمردند:

- غنی شدن آب‌های سطحی به واسطه ورود مستقیم کودها و به دلیل آبشویی نیترات، فسفات و پتاسیم از خاک.
- آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل آبشویی نیترات، در این مورد آبشویی فسفات کمتر به چشم می‌خورد. ولی در مناطقی که زمین اشباع از فسفات است، این عنصر نیز در سفره‌های زیرزمینی یافت می‌شود.
- آلودگی شدید آب‌های سطحی و سفره‌های زیرزمینی توسط فلزات سنگین، غلظت بالای این عناصر تهدیدی برای سلامتی انسان و حیوانات به شمار می‌رود. این فلزات تا حد معینی در خاک تجمع می‌یابند و پس از آن توسط محصولات جذب و برداشت می‌شوند برای مثال فضولات خوک حاوی مقدار زیادی مس است.
- اسیدی شدن خاک به دلیل پخش شدن (تبخیر) آمونیاک از دامداری‌ها، انبارهای کود و فضولات پخش شده در سطح زمین. آمونیاک در اسیدی شدن محیط زیست به خصوص در مناطقی که دامداری متمرکز انجام می‌گیرد عامل مهمی محسوب می‌شود.

1- Appelgren
2- Hore, Cotte , 1978



شکل (۱۰)- چرخه نیتروژن در خاک

شکل (۱۱)- تصویر شماتیک اتلاف نیتروژن و فسفر
فلش‌ها به نسبت اتلاف پررنگ شده‌اند.

شیمی محیط زیست

شیمی زیست محیطی، انتقال و هزیمت ترکیبات موجود در کودها. فرآیندهای هیدرولوژیکی کلیدی هستند که با پیوند به بارندگی، رواناب و آبشویی موجب افزایش فرسایش و انتقال ذرات حاوی مواد شیمیایی می‌گردند. این عوامل در فصل ۲ توضیح داده شدند و در اینجا تکرار نمی‌گردند.

هر چند که مطالعه و ثبت جزئیات مربوط به حمل نیتروژن در خاک و آب مشکل است اما پویایی زیست محیطی نیتروژن و فسفر به طور کامل شناخته شده. چرخه نیتروژن در شکل شماره (۱۰) نشان داده شده است.

نیتروژن به اشکال زیر وجود دارد: نیتروژن آلی حل شدنی NH4-N (آمونیم)، NO3-N (نیترات)، NO2-N (نیتریت) و نیتروژن موجود در رسوبات مثل نیتروژن آمونیاکی قابل تبادل یا نیتروژن آلی. چرخه نیتروژن کاملاً پیچیده و پویا است به خصوص فرآیندهای میکروبیولوژیکی مربوط به تبدیل نیتروژن آلی به معدنی و تثبیت و شوره‌زدایی (دنیریفیکاسیون[1]) نیتروژن موجود در خاک. بطور کلی در اراضی غیر ماندآبی، نیتروژن خاک (نهفته در کالبد گیاه به صورت پروتئین) و کودهای نیتروژنی. از طریق فرآیند میکروبیولوژیکی آمونیاکی شدن تبدیل به NH4 (آمونیاک) می‌شوند. یون آمونیوم از طریق ۲ گروه از باکتری‌ها (بنام نیترو زوموناس[2] و نیتروباکتر[3]) اکسید شده و از طریق تبدیل به ترکیب واسطه و غیر پایدار نیتریت در فرآیندی به نام شوره‌سازی (نیتریفیکاسیون[4]) تبدیل به نیترات می‌گردد. اوره تمایل زیادی به آبکافت (هیدرولیز) و تبدیل به آمونیم دارد. عمل شوره‌زدایی (دنیتریفیکاسیون) در شرایط بیهوازی اتفاق می‌افتد از جمله در مکان‌هایی مثل تالاب‌ها که در آن نیترات به صورت گاز نیتروژن احیا می‌شود. چرخه نیتروژن، مقدار زیادی توسط باکتری‌ها قابل کنترل است که آهنگ آن وابستگی کاملی به عواملی مانند

1- Denitrification
2- Nitrosomonas
3- Nitrobacter
4- Nitrification

رطوبت خاک، دما، pH و غیره دارد. نیترات فرآورده نهایی تجزیه هوازی ترکیبات نیتروژن‌دار بوده و همواره به صورت حل شدنی و قابل انتقال وجود دارد.

از دیدگاه کیفیت آب، یون آمونیم می‌تواند توسط ذرات خاک جذب شده و در زمان فرسایش توسط خاک حمل شود. مهمتر از آن اینست که آمونیوم و نیترات قابل حل شدن بوده و در زمان بارندگی تحت تأثیر فرایند آبشویی از نیمرخ خاک به سوی سفره آب زیرزمینی منتقل می‌شوند. همچنین در رواناب سطحی نیز پس از بارندگی نیترات یافت می‌شود. جلوگیری از آلودگی منابع آب زیرزمینی و سطحی توسط نیتروژن بستگی بسیار زیادی به قابلیت کنترل مقدار نیترات در حدی که بطور کامل جذب گیاهان شود و به کاهش میزان نیترات مانده در خاک پس از برداشت محصول دارد. فرآیندهای یاد شده در شکل (۱۱) نمایش داده شده‌اند.

در مقابل واکنش فسفر بسیار ساده است. فسفر می‌تواند به اشکال مختلف وجود داشته باشد: فسفر معدنی متبلور (عموماً آپاتیت[1]) ، فسفر غیر آلی غیر متبلور[2]. فسفر آلی (که دارای پیوند با کربن و اکسیژن در گیاهان است) و فسفر فعال محلول[3] موسوم به ارتوفسفات است. گونه‌های مختلف فسفر به صورت پیوسته با ذرات ریز وجود دارند. براساس مطالعات انجام شده در مورد انتقال فسفر از زمین‌های کشاورزی. بیشترین مقدار آن جذب ذرات رس خاک شده و به صورت فرسایش انتقال می‌یابد. فسفر فعال محلول آماده و در دسترس برای استفاده گیاهان آبی است تا آنجا که اندازه‌گیری فسفر فعال محلول در آب سطحی تنها نشانگر باقیمانده‌ای است که پس از مصرف بیشترین مقدار فسفر محلول توسط گیاه به جا مانده است. در نتیجه در مطالعات زیست بوم‌های آبی. معمولاً تمرکز بر فسفرهای موجود در رسوبات است چرا که این دسته‌ها آهنگ جرمی غالب فسفر را در بر می‌گیرند. .بخش فسفر غیر آلی غیر متبلرر (NAIP) به مقدار زیاد در محیط ریشه‌های گیاهان وجود دارد و تحت شرایط بیهوازی در کف دریاچه‌ها و مخازن آب قابل تجزیه است. به همین دلیل است که رسوبات دریاچه‌ها می‌تواند مقدار زیادی فسفر را در خود داشته

1- Apatite (AP)
2- (NAIP)
3- (SRP)

باشد و این فسفر در خلال فرایندهای تجزیه بیهوازی در بستر به درون آب آزاد می‌شود. بار این فسفر می‌تواند بسیار زیاد باشد و بدون در نظر گرفتن بهسازی رسوبات کف دریاچه‌ها هر گونه برنامه مدیریتی در مورد مهار فسفر در مصب‌ها و آبگیرها می‌تواند بی‌معنی باشد.

تلفات نسبی نیتروژن و فسفر که به سفره‌های آب زیرزمینی انتقال یافته در جدول ۱۵ نمایش داده شده است و بر طبق آن مقدار فسفر تلف شده به نسبت نیتروژن محلول بسیار کمتر است. در حقیقت از آنجائیکه ذرت از محصولاتی است که به بیشترین کود نیاز دارد، رسوب نیتروژن قابل توجهی ایجاد می‌کند.

معضل کانون نامتمرکز در مقابل کانون متمرکز

معضل اصلی در بسیاری از کشورها این است که نقش کشاورزی در اثرات زیست-محیطی نسبت به فاضلاب شهری (که معمولاً تصفیه نشده است) مشخص گردد. در بسیاری از کشورها اطلاعات مورد نیاز برای تشخیص تفاوت بین این دو در دسترس نیست و این امر باعث کند شدن اجرای برنامه‌های مهار آلودگی شده و سرمایه گذاری سودمند در ابزارهای مهار آلودگی را باز می‌دارد. در کشورهای در حال توسعه این حس وجود دارد که ابتدا باید مهار کانون‌های متمرکز آلودگی مورد توجه باشد در حالیکه در کشورهای توسعه یافته به تجربه دریافته‌اند که مهار کانون‌های متمرکز برای انتشار مواد مغذی فوائد زیست محیطی مطلوبی نداشته تا آنکه ابزارهای مهار و نظارت در بخش کشاورزی با تأکید توصیه شده‌اند. روند استفاده از کودها در کل جهان در ۴۰ سال گذشته همواره رو به افزایش بوده است و این بدین معنی است که بدون ایجاد تغییرات عمده در کاربری زمین برای مهار آبشستگی مواد مغذی و کودها در بخش‌های بزرگی از جهان، می‌توان چنین انتظار داشت که کشاورزی مسئول اصلی آلودگی فزاینده آب‌های سطحی باشد.

مشاهدات کویروز[1] (مراجعه به پاورقی ۵) در مورد حوضه آبریز "لاپلاتا"[2] نشانگر آنست که جداسازی تأثیرات کشاورزی از دیگر منابع آلاینده بسیار مشکل است. بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ مبلغ ده میلیون دلار هزینه شد تا تأثیرات کانون‌های نامتمرکز آلاینده در مقابل کانون‌های متمرکز آلاینده در منطقه دریاچه‌های بزرگ[3] آمریکای شمالی ارزیابی گردد. این اقدام بسیار موفقیت‌آمیز بود و سیاست‌های خاصی برای کنترل مواد مغذی موجود در حوضه آبریز هر دریاچه اتخاذ گردید که پاسخگوی دخالت نسبی هر یک از کانون‌های آلاینده فوق می‌بود.

مدیریت اثرات کودها بر کیفیت آب

بررسی پدیده خوراک‌وری آب‌های سطحی بایستی که از طریق اتخاذ یک مدیریت واقع‌گرایانه و عملی صورت گیرد. دیدگاه سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) در مطالعات بر روی این پدیده به کشاورزی بها می‌دهد. این مطالعه بروی جنبه‌های زیر تمرکز دارد:

- ارزیابی کیفی وضعیت غذایی منابع آب با استفاده از شاخص‌های محدودی که به راحتی قابل اندازه‌گیری باشند.
- وابستگی این وضعیت به شرایط غذایی و بار مواد مغذی در آب
- برگردان نتایج فوق به نیازمندی‌های مهار پدیده خوراک‌وری در ابزارهای مدیریت

پیشرفت این دیدگاه از آن جهت قابل توجه است که تمرکز اصلی‌اش بر ویژگی‌ای از منابع آبی است که به راحتی قابل اندازه‌گیری باشد و بدنبال این امر تعیین دامنه‌ای از آن ویژگی که از مقدار مواد مغذی منتج شده باشد صورت می‌گیرد و سپس تعیین درجه‌ای برای مهار کردن بار مواد مغذی انجام می‌شود تا فراهم‌آوردن شرایط مطلوب (از دیدگاه نحوه کاربرد آب) دست یافتنی گردد.

1- Quiros
2- La Plata
3- Great Lakes

پیش‌بینی تأثیر کودها بر کیفیت آب و فعالیت‌های مدیریت اراضی مربوط به آن یکی از عناصر بایسته در راهکارهای ویژه کنترل در محل و نیز برای گسترش روش‌های عمومی مهار عوامل غنی‌ساز است. ابزارهای پیش‌بینی لزوماً به صورت مدل وجود دارند و بسیاری از آنها در جدول شماره ۷ آمده‌اند.

کادر ۵- جداسازی اثرات کشاورزی و اثرات صنعت بر کیفیت آب در حوضه آبخیز لاپلاتا[1] آمریکای جنوبی

کویروز[2] در گزارش خود از اثرات وارد بر پرورش ماهی در سامانه رودخانه لاپلاتا در سال ۱۹۹۳ شرح کاملی از نشانه‌های مشاهده شده را آورده است. او اذعان می‌دارد که جمع‌آوری مدارک در مورد علت و معلول‌ها در سامانه رودخانه‌ای با این وضعیت مشکل است. با این وجود او نتیجه گرفت که شواهد در مورد تأثیر مواد سمی بکار رفته در کشاورزی و صنعت بر دشت سیلابی ساماندهی شده رودخانه مطابقت دارند.

نشانه‌های مشاهده شده

- گونه‌های دانه‌خوار و میوه خوار ماهی‌ها مثل کلوسوما[3] وبرایکون[4] و گربه ماهی بزرگ[5] عملاً از امکان صید در قسمت‌های پائین دست رودخانه *پارانا*[6] و همچنین در قسمت پایین لاپلاتا و رودخانه‌های اروگوئه نیز ناپدید گردیده‌اند.
- گونه‌هایی از تبار ماهیان دریایی مثل تیره‌های باسیلیکتیس و لیسنگراولیس[7] که معمولاً در زمستان از مصب رودخانه به قسمت‌های بالادست آن شنا می‌کنند در قسمت‌های میانی رودخانه ناپدید گردیدند.
- صید تجاری آبزیان ساحلی شکارگری مثل سالمینوس و ماکسیلوزوس[8] از اواخر دهه ۱۹۴۰ به شدت کاهش یافته و این در حالی است که شکار آنها نیز ممنوع شده است.

1- LA PLATA
2- Quiros
3- Colossoma
4- Brycon
5- Paulicea lutkenii
6- Parana
7- Lycengraulis , Basilichthys
8- Salminus, Maxillosus

ادامه کادر ۵-

- جمعیت اغلب ماهی‌های مهاجر در قسمت‌های میانی و بالادست رودخانه اروگوئه کاهش چشمگیری داشته است.
- مقدار نسبتاً زیادی از آفت‌کش‌ها و انواع فلزات در بافت‌های بدن ماهی‌ها یافت شده است.
- مرگ و میر گروهی ماهی‌ها بطور دوره‌ای در قسمت‌های پایینی دلتای پارانا و رودخانه لاپلاتا گزارش گردیده است.
- میزان اندک اکسیژن در آب و مرگ و میر انبوه ماهی‌ها در قسمت‌های پایینی رودخانه پاراگوئه و ورود مواد محتوی عناصرآلی ناشی از صنایع کشاورزی در قسمت‌های بالایی حوضه گزارش شده است.
- گونه غیربومی سیپرینوس کارپیو[1] از مهمترین گونه‌های موجودات زنده بود که در صیدهای آزمایشی در رودخانه لاپلاتا بدست آمد، و صید آن در قسمت‌هایی میانی پارانا در حال زیاد شدن است.
- اندازه بزرگترین گربه ماهی بزرگ صید شده از تیره پزودوپلاتیستوما[2] در قسمت‌های میانی پارانا در طول سه دهه گذشته همواره در حال کاهش بوده است.
- اختلافات بین ماهیگیران تفریحی و ماهیگیران تجاری بالا گرفته و اندازه آبزی صید شده از نوع سالمینوس[3] در رودخانه‌های پارانا و پاراگوئه کاهش یافته، و بطور کلی مجموع حجم ماهیگیری افزایش نداشته است.

کودهای معدنی

پاسخ‌دهی به نیاز برای مهار نشت و آبشستگی مواد مغذی و آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف اروپا متفاوت بوده است. اقدامات نظارتی در واقع به عنوان بخشی از موضوع مهمتری تحت عنوان کنترل داوطلبانه و اجباری کودهای

1- Cyprinus Carpio
2- Pseudoplatystoma
3- Salminus

معدنی در اروپا اعمال شده که کمیسیون اقتصادی اروپا و فائو آنها را به شرح زیر خلاصه کرده‌اند:

- وضع مالیات بر کودها
- نیاز به برنامه برای کوددهی
- جلوگیری از نشت و رسوخ مواد مغذی پس از فصل رشد گیاهان از طریق ایجاد پوشش گیاهی در فصول پاییز و زمستان و از طریق بذرافشانی گیاهانی که نیتروژن بالایی دارند.
- تشویق و پرداخت یارانه به روش‌های کاربردی بهتر، توسعه کودهای جدید و سازگار با محیط زیست و ترویج تست خاک.
- ایجاد محدودیت شدید در استفاده از کودها در مناطقی که آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد و مناطق محافظت شده طبیعی

ایگنازی[1] در سال ۱۹۹۳ در مورد مناطقی که در آنها کشاورزی و یا دامداری متمرکز و فشرده انجام می‌گیرد و خطر آلودگی نیتروژن را بالا می‌برد پیشنهادهایی را مطرح کرد و مراحل زیر را به عنوان گام‌هایی که می‌توانند در مقیاس مزرعه برداشته شوند ارائه داد:

۱- استفاده اصولی از نیتروژن: برای پرهیز از کاربرد بی‌رویه کود، مقدار کودهای نیتروژنی باید براساس موازنه نیتروژن محصول محاسبه گردد. این محاسبه نیاز گیاه به نیتروژن و نیتروژن موجود در خاک را در بر می‌گیرد.
۲- پوشش گیاهی: تا آنجا که ممکن است خاک را تحت پوشش گیاهی نگه دارید این کار از طریق جذب نیتروژن معدنی. از تشکیل نیتروژن حل شدنی و نفوذ آن به درون خاک در طول دوران بارندگی جلوگیری می‌کند.
۳- مدیریت فاصله زمانی بین کشت محصول: بقایای آلی به جا مانده از برداشت محصول به راحتی به نیتروژن معدنی قابل نفوذ و رسوخ تبدیل می‌گردد. برای

1- Ignazi

کاهش این امر می‌توان از کاشت گیاهانی به عنوان کود سبز و تاخیر در زیر خاک کردن کاه و برگ و ریشه‌ها بهره جست.

۴- آبیاری اصولی: آبیاری ضعیف یکی از بدترین تأثیرات را بر کیفیت آب دارد. در عوض آبیاری دقیق کمترین اثرات تخریبی و آلایندگی را داشته و در عین حال کاهش زیادی در هزینه خالص آبیاری ایجاد می‌کند.

۵- بهینه‌سازی فنون دیگر زراعی: بالاترین برداشت محصول با حداقل تأثیر بر کیفیت آب مستلزم بهینه‌سازی عملیاتی همچون مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها آهک‌زنی و حفظ توازن کودهای معدنی و از جمله عناصر کمیاب است.

۶- برنامه‌ریزی کشاورزی: اجرای فنون مهار فرسایش (فصل ۲) که مکملی بر شرایط ناهمواری زمین و شرایط خاک است.

کودهای آلی

ابزارهای داوطلبانه و یا قانونی مهار و مرافبت در اروپا به قصد کسب اهداف زیر انجام شده است:

- کاهش نفوذ و رسوخ مواد مغذی
- کاهش انتشار آمونیاک
- کاهش آلودگی به وسیله فلزات سنگین

ماهیت و روش انجام این اقدامات در کشورهای مختلف متفاوت است با این حال فائو کمیسیون اقتصادی اروپا در سال ۱۹۹۱ اقدامات کنترلی داوطلبانه و الزامی را به صورت زیر اعلان کردند:

- حداکثر تعداد حیوانات و دام در واحد هکتار براساس مقدار فضولاتی که می‌تواند بدون تخریب زمین بر آن پخش شود محاسبه می‌گردد.
- حداکثر مقدار فضولات حیوانی که می‌تواند وارد زمین شود براساس مقدار نیتروژن و فسفات فضولات تعیین می‌شود.

- وضع قوانین مبنی بر اینکه نگهداری از حیوانات بیشتر از تعداد معین شده احتیاج به مجوز دارد.
- دوره‌هایی که در آن می‌توان از کود حیوانی برای غنی‌سازی زمین استفاده کرد، محدود هستند و بلافاصله بعد از عمل کوددهی آمیختن آن با خاک اجباری است.
- وضع قوانین مبنی بر حداقل فضا برای تأسیسات ذخیره‌سازی کود.
- طرح برنامه‌های استفاده از کود
- وضع مالیات برای استفاده مازاد از کود
- توسعه پوشش گیاهی زمین‌ها در زمستان و پاییز و آیش‌بندی.
- وضع میزان حداکثر مجاز پخش لجن فاضلاب در اراضی براساس غلظت فلزات سنگین درآن
- تغییر در ترکیب غذای حیوانات به منظور کاهش مقدار مواد مغذی و فلزات سنگین
- تحقیقات در جهت کاربرد راه‌های گوناگون برای کاهش اتلاف آمونیاک.

مدیریت کنترل لجن فاضلاب

لجن در اینجا تنها بدین دلیل مورد بحث قرار می‌گیرد که پخش لجن تصفیه خانه‌های فاضلاب‌های شهری بر روی زمین‌های کشاورزی یکی از روش‌های مقرون به صرفه برای خلاصی از لجن فاضلاب شهری محسوب می‌شود. سوزاندن و دفن در زمین گزینه‌های دیگر دفع لجن هستند. فائو و کمیسیون اقتصادی اروپا در سال ۱۹۹۱ لجن فاضلاب را در میان کودهای آلی گروه‌بندی کردند ولی هشدار دادند که این مواد معمولاً حاوی فلزات سنگین نیز هستند. آلودگی آب از طریق آبشستگی لجن مثل آلودگی ناشی از فضولات حیوانی است که پیش از این شرح داده شد.

جنبه‌های اقتصادی مهار آبشستگی کودها

اتلاف مواد مغذی موجود در خاک مستقیماً با بارندگی و ایجاد جریان آب باران وابسته است. در مورد فسفر که تمایل پیوستن به مواد جامد (رسوبات) در آن زیاد است، اتلاف از طریق فرسایش خاک صورت می‌گیرد. به همین دلیل اقتصاد کنترل مواد مغذی بستگی زیادی به هزینه‌های مهار فرسایش و آبشستگی دارد. این مسئله در اینجا بطور مختصر مورد بحث قرار خواهد گرفت. برآورد هزینه‌های اقتصادی فرسایش و آبشستگی مواد مغذی که متعاقباً بایستی توسط کودها جبران گردد تا حاصلخیزی خاک حفظ شود، در هر زمان بسیار حائز اهمیت است.

در بسیاری از کشورها فرسایش، استفاده بیشتر از کود و از دست رفتن حاصلخیزی خاک دارای یکارتباط کاملاً مستقیم می‌باشند. ایالت پارانا در کشور برزیل جائی است که کشاورزی پایه و اساس اقتصاد را تشکیل می‌دهد، این استان ۲۲٪ از کل غله کشور را در سطحی معادل تنها ۲,۴ درصد از کل اراضی کشور تأمین می‌کند. توسعه کشاورزی در این استان در سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ اتفاق افتاد. مشخصه این توسعه. سامانه‌های اجرایی کشاورزی کوتاه مدت است که منجر به تنزل مداوم حاصلخیزی زمین‌ها به دلیل سیاست‌های اقتصادی غلط و روش‌های نامناسب تقسیم اراضی و سامانه‌های بازاریابی شد. فرسایش در پایان منجر به از بین رفتن لایه فوقانی خاک، پیدایش حفره‌ها و شیارهای بزرگ در زمین (عکس ۴) و رسوب‌گذاری نهرها و رودخانه‌ها شد. نتیجتاً مصرف کود بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۶ تا ۵۷۵ درصد افزایش یافت بدون اینکه افزایشی در مقدار محصول حاصل شود. اتلاف نیتروژن–فسفر و پتاسیم ناشی از میانگین فرسایش ۲۰ تن در هکتار در سال زیان اقتصادی حدود ۲۴۲ میلیون دلار در سال را نشان می‌دهد.

در تحلیلی که توسط ال ول و استوکینگ[1] در سال ۱۹۸۲ در مورد از دست رفتن مواد مغذی ناشی از فرسایش در زیمبابوه انجام شد، زیان‌های اقتصادی مشابهی در

1- Elwell & Stocking

مورد کشورهای آفریقایی نیز مشاهده گردید. استوکینگ با کاربرد اطلاعات جمع‌آوری شده توسط هادسون[1] در دهه ۱۹۶۰. بر روی نقشه کاربری خاک زیمبابوه، اتلاف ۱۰ میلیون تن نیتروژن و ۵ میلیون تن فسفر را بطور سالیانه در اثر فرسایش محاسبه کرد. "رز"[2] نیز اتلاف سالیانه ۹۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۲۹ کیلوگرم در هکتار فسفر ۳۹ کیلوگرم در هکتار آهک و ۳۹ کیلوگرم در هکتار منیزیم را از خاک بخش‌های پایین دست ساحل عاج در اثر فرسایش ثبت نمود. تلفات فوق آنقدر شدید است که برای جبران آن سالانه به ۷ تن کود حیوانی تازه، ۴۷۰ کیلوگرم سولفات آمونیم ۱۶۰ کیلوگرم سوپر فسفات، ۲۰۰ کیلوگرم دولومیت و ۴۰ کیلوگرم کلرید پتاسیم در هر هکتار نیاز است. وی خاطر نشان کرد که جای تعجب نیست اگر زمین‌های زیر کشت سنتی تنها پس از ۲ سال بی‌حاصل شوند. علاوه بر این، تلفات ناشی از برداشت محصول و رواناب سطحی در ارقام یاد شده به حساب نیامده‌اند. "رز" اینگونه نتیجه‌گیری کرد که اقداماتی در جهت توقف فرسایش خاک برای مهار آنچه که او "عدم توازن شیمیایی خاک ناشی از تخریب و فرسایش محلی" ذکر کرد. ضروری است. ارزش فسفر از دست رفته ناشی از فرسایش در جمهوری آفریقای جنوبی ۲۶,۴ میلیون راند در سال یا ۱۰,۵ میلیون دلار آمریکا تخمین زده شده است.

ضررهای اقتصادی در کشورهای حاره بسیار بیشتر هستند چرا که نوع خاک، شکل بارندگی و فعالیت‌های کشاورزی فرسایش بیشتری را سبب می‌شوند و مقادیر فرسایش از میانگین‌های جهانی بسیار بالاتر است. بانک جهانی در سال ۱۹۹۲ چنین گزارش داد که براساس نتیجه‌گیری و تعمیم اثرات ناشی از اتلاف خاک مزارع مورد آزمایش بر حاصلخیزی و تولید کشاورزی، سالانه معادل ۰/۵ تا ۱/۵ درصد اتلاف تولید ناخالص ملی[3] برای کشورهایی نظیر کاستاریکا، مالاوی، مالی و مکزیک به هدر می‌رود. این ضررها هزینه‌های مربوط به تعمیر مخازن آب، رسوب‌گذاری رودخانه، خراب شدن شبکه‌های آبیاری و غیره را در بر نمی‌گیرند.

1- Hudson
2- Roose
3- GDP

حاصلخیزی خاک موضوعی پیچیده است و اتلاف مواد مغذی لزوماً همیشه نتیجه فرسایش نیست. فرسایش و اتلاف خاک حلقه نهایی از زنجیره انواع عوامل مغذی، گیاهی و فیزیکی است که به افت حاصلخیزی خاک می‌انجامد. بنابر گزارش ژولی[1] در سال ۱۹۹۳ طرح‌های جهانی در مورد کاربرد کودها نشان می‌دهد که مقدار کود مورد استفاده برای حفظ حاصلخیزی خاک در مقابل انواع اتلاف‌ها مثل فرسایش و افت کیفیت خاک همواره با رشد سریع روبرو بوده است.

در مطالعه‌ای که بر روی ۱۷ زیرحوضه کشاورزی در منطقه دریاچه بالاتون[2] در کشور مجارستان انجام شد، "یولانکای"[3] در سال ۱۹۸۶ آبشستگی و فرسایش نیتروژن و فسفات از طریق کاربری کشاورزی اراضی را مورد ارزیابی و مدل‌سازی قرار داد. بنا به محاسبات او استفاده از یک مجموعه عوامل کنترل (به خصوص مهار فرسایش) اتلاف فسفر را تا ۵۲/۸٪ کاهش می‌دهد که روش‌های احیای اراضی جهت جبران این مقدار با هزینه‌ای معادل ۲۵۰۰ دلار در هکتار انجام می‌شوند.

کشت درون آب

کشت درون آب[4] و آبزی‌پروری یکی از حالت‌های ویژه آلودگی کشاورزی است. دو شکل اصلی از این مورد وجود دارند: سامانه‌های متکی بر زمین و سامانه‌های متکی بر آب (شکل ۱۲). در مورد سامانه‌های متکی بر زمین امکان کنترل پساب خروجی وجود دارد حال آنکه برای سامانه‌های متکی بر آب با مشکلات گوناگونی مواجه هستیم. کشت درون آب در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه هم در محیط‌های آب شیرین و هم در محیط‌های دریایی در حال گسترش است. در مقابل فعالیت‌های ساحلی شیلات در بسیاری از کشورها رو به کاستی است.

1- Joly
2- Balaton
3- Jolankai
4- Aquaculture

شکل (۱۲)- کشت متکی بر آب در مناطق دریاچه‌ها در جنوب شیلی

اثرات زیست محیطی عمدتاً ناشی از ترکیب خوراک و تبدیل این مواد (مثلاً به فضولات) و همچنین استفاده از مواد شیمیایی مثل آفت‌کش‌ها، مواد ضدعفونی‌کننده، داروها و غیره است. اتلاف مواد غذایی (مواد غذایی که توسط ماهی‌ها خورده نشده) در پرورش آبزیان اروپا حدود ۲۰ درصد تخمین زده شده است. پسماندهای غذایی و فضولات حیوانی مقدار زیادی مواد مغذی به زیست بوم‌های آبی اضافه می‌کنند.

از جمله مشکلات زیست محیطی دیگر می‌توان از خطر شیوع و سرایت بیماری‌ها به ماهی‌های وحشی، به وجود آمدن گونه‌های غیر بومی، تأثیرات منفی بر اجتماعات آبزیان و خوراک‌وری آب، جفت‌گیری گونه ماهی‌های پرورشی با ماهی‌های وحشی و در نتیجه تغییرات ژنتیکی در جمعیت ماهی‌های وحشی نام برد.

سیستم‌های سنتی تلفیقی آبزی‌پروری مثل پرورش ماهی در فاضلاب که در چین به اجرا درآمده می‌تواند اثرات تثبیت‌شونده‌ای در کل زیست بوم بگذارد[1]. این روش برای کشورهای در حال توسعه که در آنها آب و منابع محدود یا گران هستند توصیه می‌شود.

مشکلات موجود در راه احیای دریاچه‌های خوراک‌ور شده

دریاچه‌های خوراک‌ور (اوتروفیک) و فراخوراک‌ور (هیپرتروفیک) معمولاً کم عمق هستند و دچار نرخ بالایی از بار مواد مغذی ناشی از کانون‌های نامتمرکز و متمرکز می‌باشند. در مناطقی که دارای خاک غنی هستند مثل زمین‌های زراعی کانادا، رسوبات کف دریاچه متشکل از آبرفت‌های خاک غنی از اراضی اطراف دریاچه هستند. لذا رابطه فسفر و رسوبات مشکل مهمی در احیای آب‌های کم عمق و دریاچه‌های خوراک‌ور شده است.ذرات غنی از فسفر در کف دریاچه‌ها رسوب می‌کند و تشکیل مخزن‌های عظیم مواد مغذی در کف دریاچه‌ها را می‌دهند که به راحتی در دسترس گیاهان ریشه‌دار قرار می‌گیرد و در شرایط بدون اکسیژن به درون آب آزاد شده و سریعاً موجب رشد جلبک‌ها می‌گردند. این مخازن فسفری که به عنوان بار داخلی فسفر معروفند به راحتی تلاش‌های انجام شده در جهت کنترل پدیده خوراک‌وری دریاچه از طریق کنترل ذخایر خارجی فسفر (ناشی از کشاورزی و کانون‌های متمرکز) دیگر را خنثی می‌سازند. تا پیش از این رسوب‌زدایی تنها راه اصلاح آلودگی شیمیایی بستر دریاچه‌ها محسوب می‌شد اما امروزه فن‌آوری نوین و مقرون به صرفه‌تری برای مهار بار داخلی فسفر در رسوبات دریاچه‌ها وجود دارد و آن از راه تصفیه شیمیایی و اکسیژن‌دهی ذخایر داخلی فسفر است. با این وجود احیای دریاچه‌ها پرهزینه است و بایستی بخشی از برنامه‌های جامع مدیریت حوضه آبریز رودخانه باشد.

1- Roseathal, 1992

فصل ۴

آفت‌کش‌ها به عنوان آلاینده‌های آب

واژه آفت‌کش واژه‌ای مرکب و در برگیرنده کلیه مواد شیمیایی است که برای کشتن و کنترل آفات مورد استفاده قرار می‌گیرند. در زمینه کشاورزی این مواد شامل علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، کرم‌کش‌ها[1] و جونده‌کش‌ها[2] (سموم کشنده جانوران مهره‌دار) می‌باشد.

یکی از عوامل مهم انقلاب سبز آفت‌کش‌هایی بوده‌اند که برای کنترل طیف وسیعی از آفات مثل حشرات و علف‌ها بکار رفته‌اند و از کاهش کمیت و کیفیت محصولات جلوگیری کرده‌اند. استفاده از آفت‌کش‌ها همزمان با عصر تحول در شیمی بوده که تغییرات اجتماعی زیادی را در دهه ۱۹۵۰ موجب گشته است. در مناطقی که کشاورزی تک محصولی فشرده انجام می‌گیرد از آفت‌کش‌ها به عنوان روشی مرسوم برای کنترل آفات استفاده می‌شود. متأسفانه همراه با نکات مثبت مواد شیمیایی، نکات منفی و مضری نیز وجود دارد که برخی چنان جدی هستند که حیات زیست بوم‌های مهم را به واسطه تخریب ارتباط جانداران شکارچی و شکار مورد تهدید قرار داده و تنوع زیستی[3] را از بین می‌برند. به علاوه آفت‌کش‌ها می‌توانند اثرات منفی بر سلامتی انسان داشته باشند.

از آنجا که استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی به تعداد خاصی از ترکیبات محدود می‌گردد، کشاورزی یکی از فعالیت‌های محدودی است که مواد شیمیایی از روی عمد وارد محیط زیست می‌شوند چرا که برای کشتن بکار می‌روند.

کاربرد آفت‌کش‌ها در کشاورزی شاخه‌ای از طیف وسیع استفاده مواد شیمیایی صنعتی در جوامع پیشرفته است. اطلاعات و آمار جامعه شیمی آمریکا نشان می‌دهد که ۱۳ میلیون نوع مواد شیمیایی با حدود ۵۰۰ هزار ترکیب جدید که هر ساله نیز به

1- Nemotocides
2- Rodenticides
3- Biodiversity

این تعداد اضافه می‌شود در سال ۱۹۹۳ شناخته شده است. برای مثال در دریاچه‌های بزرگ آمریکای شمالی "کمیسیون همکاری‌های بین‌المللی" در آب و رسوبات زیست بوم دریاچه‌های بزرگ وجود ۲۰۰ گونه ماده شیمیایی را تخمین زده است. از آنجا که اثرات منفی زیست محیطی مواد شیمیایی سمی، هم ترکیبات کشاورزی و هم غیر کشاورزی را شامل می‌گردد، جداسازی تأثیرات آفت‌کش‌ها بر سلامت انسان از تأثیرات ترکیبات صنعتی که تصادفاً یا عمداً به محیط زیست وارد می‌شوند مشکل است. با این وجود دلایل و مدارک عدیده‌ای وجود دارد که نشان می‌دهد که استفاده از آفت‌کش‌ها تأثیر منفی زیادی بر کیفیت‌آب دارد و به صدمات جدی زیست محیطی منجر می‌گردد.

گرچه تعداد آفت‌کش‌های مورد استفاده بسیار زیاد است (ضمیمه ۱) بیشترین مصرف معمولاً فقط از تعداد محدودی از این مواد صورت می‌گیرد. در مطالعه‌ای که در استان‌های غربی کشور کانادا (جائیکه استفاده از ۵۰ نوع آفت‌کش معمول بود)، انجام شد نشان داده شده که ۹۵٪ از آفت‌کش‌های مورد استفاده را تنها ۹ نوع علف‌کش تشکیل می‌دهد[1]. اگر چه استفاده از آفت‌کش‌ها در کشاورزی سنتی و معیشتی در آسیا و آفریقا بسیار کم یا صفر است.. تأثیرات مخرب آنها بر کیفیت آب و سلامت عمومی به واسطه استفاده غیر مناسب و بی رویه آنها کاملاً اثبات شده است. برای مثال، براساس گزارشی از فائو[2]) در مورد لیتوانی، در حالیکه آلایندگی آفت‌کش‌ها به دلیل عوامل اقتصادی کاهش یافته بود، آلودگی آب ناشی از ذخیره‌سازی و توزیع غیر مناسب آفت‌کش‌های کشاورزی به چشم می‌خورد. در ایالات متحده، مطالعه‌ای که توسط سازمان حفاظت محیط زیست انجام شد نشان داد که ۱۰/۴ درصد از چاه‌های شهرک‌ها و ۴/۲ درصد از چاه‌های مناطق روستایی حاوی غلظت‌های قابل ردیابی از یک یا چند آفت‌کش بوده‌اند[3]. همچنین مطالعه چاه‌های سفره‌های زیرزمینی در مناطق کشاورزی جنوب غربی اونتاریو (کانادا) نشان داد که

1- Birkholz , 1995
2- Appelgren (FAO) 1994
3- US-EPA 1992

۳۵ درصد از چاه‌های مورد آزمایش حداقل در یک مورد به آزمایش پاسخ مثبت دادند[1].

تأثیر آفت‌کش‌ها بر کیفیت آب ناشی از عوامل زیر است.

- ترکیبات فعال موجود در فرمول آفت‌کش
- آلاینده‌هایی که به عنوان ناخالصی در ترکیبات فعال وجود دارند
- افزودنی‌های موجود در ترکیبات فعال (عامل‌های تر کننده، حلال‌ها، مواد رقیق‌ساز منبسط‌کننده‌ها، مواد چسبنده، تثبیت‌کننده‌های pH، مواد نگهدارنده و مواد امولوسیون‌کننده)
- ماده زیانباری که در زمان تجزیه شیمیایی، میکروبی یا فتوشیمیایی ترکیبات فعال به وجود می‌آید.

علاوه بر استفاده از آفت‌کش‌ها در کشاورزی، در جنگل‌داری نیز استفاده وسیعی از آنها می‌شود. در برخی از کشورها مثل کانادا که از هر ده شغل یکی در ارتباط با جنگل است و کنترل آفات جنگل‌ها به خصوص حشرات از نظر صنعتی کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. حشره‌کش‌ها اغلب توسط هواپیما روی سطح وسیعی از جنگل‌ها پاشیده می‌شوند.

در کشاورزی فاریاب به خصوص در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر، نیاز مبرمی به تعدیل رژیم هیدرولوژیکی وجود دارد که به نوبه خود باعث ایجاد محیط مناسب برای تولید مثل حشرات ناقل مثل پشه که عامل اصلی بیماری‌های گوناگون است می‌شود. علاوه بر آفت‌کش‌هایی که به صورت عادی در کشاورزی فاریاب مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای کنترل بیماری‌های حاصل از حشرات ناقل نیز از حشره‌کش‌هایی شبیه د.د.ت. استفاده می‌گردد که عواقب جدی بوم شناختی به همراه دارد. به منظور رفع این مشکل، روش‌های مدیریت زیست محیطی برای کنترل حشرات ناقل در حال بررسی و آزمایش در طرح‌های مختلف آبیاری هستند (فائو، سال ۱۹۸۴).

1- Lampman , 1995

تاریخچه توسعه آفت‌کش‌ها

بررسی تاریخچه ساخت و توسعه آفت‌کش‌ها کلید اصلی فهم چگونگی عملکردشان به عنوان تهدیدی زیست محیطی برای زیست بوم‌های آبی است و همچنین برای یافتن دلیل وجود چنین تهدیدی در کشورهای در حال توسعه و کمرنگ شدن آن در کشورهای توسعه یافته نیاز به بررسی این عامل داریم. این تاریخچه در جدول شماره ۱۶ به اختصار بیان شده است.

جدول (۱۶)- تاریخچه توسعه آفت‌کش‌ها

دوره	مثال	منبع	ویژگی‌ها
۱۹۲۰ - ۱۸۰۰	مواد آلی نخستین نیتروفنل‌ها کلروفنیل‌ها، کرئوزوت، نفتالین و روغن‌های نفتی	شیمی آلی و مشتقات جانبی فرایند تولید گاز از زغال سنگ، غیره	اغلب فاقد ویژگی مشخص. برای استفاده‌کننده و یا موجودات زنده غیر هدف سمی است.
۱۹۴۵ – ۱۹۲۰	موادآلی کلردار: DDT HCCH , ترکیبات چند حلقه‌ای کلردار	ساخت مواد آلی مصنوعی	پایدار، با قابلیت انتخاب خوب. دارای خواص خوب کشاورزی، از لحاظ سلامت عمومی قابل قبول. مقاوم، تأثیرات بوم شناختی مضر
۱۹۷۰- ۱۹۴۵	بازدارنده‌های کلرین استراز ترکیب‌های آلی فسفره. کربامات	ساخت مواد آلی کاربرد مناسب پیوندهای ساختمانی فعال	ماندگاری کمتر، تا حدی سمی برای استفاده‌کننده. برخی مشکلات زیست محیطی
۱۹۸۵- ۱۹۷۰	پیروتروئید مصنوعی آورمکتین. هورمون‌های جوانی مصنوعی، آفت‌کش‌های بیولوژیکی	بهسازی پیوندهای ساختمانی فعال، سیستم‌های جدید تاثیر بر هدف	فقدان انتخاب‌پذیری، مقاومت به تجزیه‌پذیری، هزینه و ماندگاری متغیر
۱۹۸۵ تاکنون	ارگانیزم‌های حاصل از مهندسی ژنتیک	انتقال ژن به ارگانیزم‌های دیگر و گیاهان و حیوانات مفید، تغییرات ژنتیکی در گیاهان به منظور مقاوم سازی در برابر اثرات جانبی و غیر مفید آفت‌کش‌ها	احتمال جهش ژنتیکی، تخریب بوم شناختی میکروبیولوژیکی. کاربرد انحصاری فراورده‌ها

معضل شمال- جنوب در مورد جنبه‌های اقتصادی آفت‌کش‌ها

همانگونه که در بالا ذکر شد روند توسعه آفت‌کش‌ها حرکتی را طی نموده و از آفت‌کش‌هایی مثل د.د.ت که به شدت سمی، پایدار و تجمع‌شونده بوده‌اند. به سمت آفت‌کش‌هایی که سریعاً اثر خود را از دست داده و اثرات سمی کمتری بر ارگانیزم‌های جانبی که هدف اصلی آفت‌کش نیستند دارند سوق یافته است. کشورهای پیشرفته استفاده از بسیاری از آفت‌کش‌های قدیمی را به علت تأثیرات سمی آنها بر انسان و زیست بوم ممنوع کرده‌اند و از آفت‌کش‌هایی با فرمول‌های جدیدتر بهره می‌جویند.

در کشورهای در حال توسعه، برخی از آفت‌کش‌های قدیمی هنوز از هزینه تولید بسیاری ارزانی برخوردارند و بدلایلی در برخی موارد بسیار مؤثر هستند. بطور مثال استفاده از د.د.ت. در کنترل مالاریا بسیار مفید است. کشورهای در حال توسعه اظهار می‌دارند که به دلایل مالی قادر به ممنوع کردن آفت‌کش‌های قدیمی نیستند. معضل هزینه در مقابل تأثیرات بوم شناختی همچون اثرات درازمدت از طریق انتشار در اتمسفر و دسترسی به آفت‌کش‌هایی با فرمول مدرن و هزینه کم به عنوان یک موضوع جهانی مطرح است.

علاوه بر اثرات بوم شناختی آفت‌کش‌ها در کشورهای مورد استفاده آفت‌کش‌هایی که از مدت‌ها پیش در کشورهای پیشرفته ممنوع شده‌اند (مانند د.د.ت و توکسافین و غیره) هنوز در مناطق دور افتاده همچون نزدیک قطب شمال به صورت ماندگار یافت می‌شوند. مواد شیمیایی که در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر مورد استفاده قرار می‌گیرند در چرخه‌های جهانی تا مسافت‌های بسیار طولانی حرکت می‌کنند. وضعیت جهانی این آفت‌کش‌ها به قدری فجیع گشته که بسیاری کشورها درخواست تشکیل کنواسیون "آلاینده‌های آلی پایدار"[1] را دارند. این ترکیبات عمدتاً ترکیبات کلردار و به شدت سمی و پایدار و قابل تجمع هستند. فهرست آفت‌کش‌هایی که باید ممنوع شوند هنوز مورد تأیید قطعی قرار نگرفته ولی برخی از آفت‌کش‌هایی که در سطح وسیع در کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرند از این جمله‌اند.

1- Persistent Organic Polutants (POPs)

فرجام و تأثیرات آفت‌کش‌ها

عوامل مؤثر در سمی بودن آفت‌کش‌ها بر زیست بوم‌های آبی

اثرات بوم شناختی آفت‌کش‌ها در آب تحت عناوین زیر قابل بررسی هستند:

- **سمی بودن**: اثر زهرآگین بودن برای پستانداران و غیر پستانداران معمولاً با واژه "غلظت کشنده" LD_{50}[1] مشخص می‌شود. (غلظت کشنده عبارتست از غلظت آفت‌کش به اندازه‌ای که نیمی از ارگانیزم‌های مورد آزمایش را در طول زمان انجام آزمایش بکشد). هر چه LD_{50} پایین‌تر باشد، مسمومیت بالاتر است. مقادیر صفر تا ۱۰ کاملاً سمی هستند.

  تعیین دستورالعمل‌های مربوط به آب آشامیدنی و غذا معمولاً از روش ارزیابی براساس خطر (ریسک) انجام می‌شود. معمولاً مقدار ریسک برابر است با مدت یا مقدار قرار گرفتن در معرض سم ضرب در سمیت ماده.

  واکنش به عامل سمی می‌تواند حاد (مرگ) و یا مزمن (حالتی که در طول دوره آزمایش باعث مرگ نمی‌شود، ولی اثرات قابل مشاهده‌ای بر ارگانیزم تحت آزمایش دارد مانند سرطان، تومور، ناتوانی در تولید مثل، توقف رشد، ناقص‌الخلقگی و غیره) باشد.

- **پایداری**: با معیار نیمه عمر سنجیده می‌شود (زمان مورد نیاز تا غلظت ماده به ۵۰٪ تقلیل یابد). پایداری توسط فرایندهای تباه‌کننده حیاتی و غیر حیاتی سنجیده می‌شود. فرآیندهای حیاتی، تجزیه زیستی[2] و سوخت و ساز (متابولیزم) هستند و فرایندهای غیر حیاتی عمدتاً عبارتند از آبکافت (هیدرولیز)، نورکافت (فتولیز) و اکسایش (اکسیداسیون). آفت‌کش‌های نوین با نیمه عمر کوتاهتر ساخته می‌شوند تا تنها در مدتی که آفات باید تحت کنترل قرار گیرند عمل نمایند.

1- Lethal Dose
2- Biodegradation

- **زوال (تجزیه)**[1]: فرآیند زوال به تشکیل حاصل تجزیه‌هایی که ممکن است مسمومیت بیشتر، معادل و یا کمتر از پیشینه خود داشته باشند ختم می‌شود. برای مثال د.د.ت (DDT) تبدیل به DDD و DDE می‌گردد.
- **فرجام زیست محیطی**: فرجام (رفتار) زیست محیطی یک آفت‌کش بستگی به میزان نزدیکی حالت طبیعی ماده شیمیایی موجود در آن به یکی از چهار حالت ماده موجود در محیط زیست را دارد: ماده جامد (مواد معدنی و ذرات کربن آلی) مایع (قابلیت حل شدن در آب‌های سطحی و آب موجود در خاک). حالت گازی (تبخیر) و ماده زنده. این رفتار بنام تجزیه‌پذیری شناخته شده و به ترتیب موارد زیر را در برمی‌گیرد: تعیین ضریب جذب در خاک (Koc) قابلیت حل شدن؛ ثابت هنری (H) و ثابت تجزیه‌پذیری در مخلوط آب و اکتانول (K_{ow})[2]. این پارامترها در مورد آفت‌کش‌ها شناخته شده هستند و برای پیش‌بینی رفتار زیست محیطی آنها بکار گرفته می‌شوند.

علاوه بر عوامل فوق از وجود ناخالصی در فرمول آفت‌کش‌ها که جزء ترکیبات فعال آن نیستند می‌توان نام برد. به عنوان مثال تی.اف.ام نوعی کشنده مارماهی است که از آن برای کنترل جمعیت مارماهی در مصب رودخانه‌ها در منطقه دریاچه‌های بزرگ آمریکا استفاده می‌شد. گرچه رفتار زیست محیطی تی.اف.ام سال‌هاست که شناخته شده، اما تحقیقات اخیر که توسط مانکیتریک و همکاران در سال ۱۹۹۴ انجام شده حاکی از این است که فرمولاسیون تی.اف.ام (TFM) شامل یک یا چند نوع ناخالصی فعال است که سیستم هورمونی ماهی‌ها را تحت تأثیر قرار داده و بیماری‌های مربوط به کبد ایجاد می‌کند.

اثرات آفت‌کش بر تندرستی انسان

شاید بتوان مثال دریاچه آرال را به عنوان بزرگترین مثال برای آلایندگی آفت‌کش‌ها و مخاطره سلامت انسان ذکر کرد (خلاصه شرح ۲). یونپ در سال ۱۹۹۳

1- Degradation
2- n-octanol/water partition coefficient (K_{ow})

اعلام کرد که آفت‌کش‌ها نقش مستقیم در ایجاد سرطان، بیماری‌های ریوی و خونی و ناهنجاری‌های مادرزادی و نقص سیستم ایمن‌سازی بدن دارند.

اثرات آفت‌کش‌ها بر تندرستی انسان از راه‌های زیر رخ می‌دهند:

- تماس پوست: حمل و نگهداری فراورده‌های آفت‌کش
- تنفس: استنشاق گرد و یا اسپری
- هضم: مصرف آفت‌کش‌ها به عنوان آلاینده‌های همراه با غذا یا آب

کارگران مزارع در زمان کاربرد آفت‌کش‌ها در معرض خطر تنفس و یا تماس مستقیم پوست با آنها قرار دارند. با این وجود در اغلب موارد تنها مصرف آفت‌کش‌ها به صورت خوراکی و یا آشامیدنی است که باعث مسمومیت می‌گردد. تغییر کیفیت آب به وسیله رواناب آلوده به آفت‌کش دو تأثیر مهم بر سلامت انسان دارد. اولی مصرف ماهی و غذاهای دریایی آلوده‌به آفت‌کش است. این امر مشکل عمده تمامی صنایع پرورش ماهی است که در نواحی پست‌تر اراضی کشاورزی واقع هستند. دومی آشامیدن مستقیم آب آلوده به آفت‌کش می‌باشد. سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۹۳، دستورالعمل بهداشت آب آشامیدنی را برای ۳۳ نوع آفت‌کش وضع کرد (ضمیمه شماره ۱). بسیاری از آژانس‌های بهداشت و حفظ محیط زیست اقدام به محاسبه ADI (مصرف روزانه مجاز) کرده‌اند که نشانگر حداکثر مقدار مجاز مواد در طول عمر شخص بدون ایجاد خطر جدی است.

برای مثال در مقاله‌ای از وانگ و لین در سال ۱۹۹۵ در بررسی بر روی فنل‌های جایگزین‌شونده چنین آمده است که تتراکلروهیدروکینن[1] که یک فرآورده سوخت و سازی (متابولیت) سمی ماده سترون‌کننده پنتاکلروفنل است. بسته به غلظت خود می‌تواند تخریب‌های چشمگیر در DNA پدید آورد.

1- Tetrachlorohydroquinone

تأثیرات بوم شناختی آفت‌کش‌ها

آفت‌کش‌ها طیف وسیعی از آلاینده‌های آلی خرد[1] را تشکیل می‌دهند که می‌توانند تأثیرات مختلفی بر ارگانیزم‌های زنده داشته باشند. بنابراین تعمیم قضیه مشکل است. اگر چه تأثیرات مستقیم آفت‌کش‌ها می‌توانند بر محیط خشکی رخ دهند، اما عامل اصلی که باعث تأثیرات بوم شناختی می‌گردد، مربوط به آلوده‌سازی آب توسط آفت‌کش‌ها است. دو مکانیزم مهم عبارتند از تجمع در موجودات زنده و یا افزایش زنجیره‌ای آن در موجودات زنده.

تجمع در موجودات زنده[2]: عبارتست از انتقال مواد شیمیایی از محیط اطراف به کالبد یک موجود زنده. نخستین محل انباشت برای برخی از آفت‌کش‌ها بافت‌های چربی است. برخی آفت‌کش‌ها مانند د.د.ت. لیپوفیلیک یا چربی دوست هستند بدین معنی که قابل حل و تجمع در بافت‌های چربی مثل ماهی‌های خوراکی و بافت‌های چربی انسان هستند. آفت‌کش‌های دیگر مانند گلیفوسات[3] در بدن سوخته و از طریق مدفوع دفع می‌شوند.

افزایش زنجیره‌ای[4]: در موجودات زنده عبارت است از تجمع فزاینده غلظت ماده شیمیایی به صورت غذا و انرژی در چرخه غذایی. بدین صورت که موجودات زنده کوچک توسط موجودات زنده بزرگتر خورده شده وتجمع آفت‌کش‌ها و دیگر مواد شیمیایی به صورت فزاینده در بافت‌های بدن موجودات زنده بعدی جذب می‌شود. مقدار بسیار زیاد این مواد را می‌توان در جانوران شکارگر صدر هرم از جمله انسان یافت.

تأثیرات بوم شناختی آفت‌کش‌ها و دیگر آلاینده‌های آلی متفاوت بوده و اغلب دارای واکنش‌های درونی هستند. تأثیرات آنها بر موجودات زنده و یا در سطح زیست بوم، نوعی پیش آگاهی قلمداد می‌شود که دلالت بر صدمات بالقوه انسانی دارد. اثرات مهم در زیر به صورت فهرست‌وار آورده شده‌اند و بسته به جاندار تحت مطالعه و

1- Organic micro pollutants
2- Bioconcentration
3- glyphosate
4- Biomagnification

نوع آفت‌کش، متفاوت هستند. آفت‌کش‌های مختلف تأثیرات متفاوتی بر زندگی آبزیان دارند که تعمیم مسئله را مشکل می‌سازد. نکته مهم این است که بسیاری از این تأثیرات به صورت مزمن هستند (نه کشنده) و اغلب توسط ناظران جدی گرفته نمی‌شوند ولی به هر حال بر کل زنجیره غذایی تأثیرگذار هستند.

- مرگ موجودات زنده
- سرطان، تومور و بروز زخم در ماهی‌ها و حیوانات
- ناهنجاری‌ها یا ناتوانی در دستگاه تولید مثل
- نقص در سیستم ایمن‌سازی بدن
- ناهنجاری در سیستم هورمونی بدن
- تخریب سلول‌ها و کروموزوم (DNA)
- عوارض ناقص‌الخلقگی (ناهنجاری‌های فیزیکی مثل منقار خمیده در پرندگان)
- عدم تندرستی ماهی‌ها که به صورت کاهش تعداد گلبول‌های قرمز نسبت به گلبول‌های سفید و چسبیدن فزاینده ماده لزج بر فلس‌ها و آبشش‌های ماهیان نمایان می‌گردد.
- تأثیرات بر نسل‌های بعدی (اثرات تا رشد نسل بعد قابل مشاهده نیستند)
- تأثیرات فیزیولوژیکی دیگر مثل نازکی پوسته تخم پرندگان

این عوارض لزوماً از طریق قرار گرفتن مستقیم در معرض آفت‌کش‌ها و دیگر آلاینده‌های آلی بوجود نمی‌آید بلکه ممکن است که حاصل تعدادی از عوامل زیست محیطی مثل غنی شدن منابع آب و عوامل بیماری‌زا باشد. این تنش‌های پیوسته به هم حتی اگر بزرگ هم نباشند. به همراه آلاینده‌های آلی خرد می‌توانند اثرات تشدیدکننده‌ای را نمایان سازند.

دامنه تأثیرات بوم شناختی فراتر از جانداران انفرادی است و می‌تواند زیست بوم‌ها را نیز تحت‌الشعاع قرار دهد. تحقیقات سوئدی‌ها نشان می‌دهد که بکار بردن آفت‌کش‌ها بنا به تصور عموم یکی از مهمترین عوامل اثرگذار در تنوع زیستی است. بنا به گزارش جانسون در سال ۱۹۹۰، کاهش مستمر تعداد کبک‌های سوئدی به واسطه تغییر کاربری زمین‌ها و استفاده از مواد شیمیایی برای مهار علف‌ها است. تأثیرات مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز عبارتند از کاهش تعداد موجودات زنده

بومی، کاهش انواع گونه‌های مختلف علف‌ها، تغییر توازن گونه‌ها در جامعه گیاهی منطقه. این مطالعات همچنین نشانگر تأثیر آفت‌کش‌ها بر حاصلخیزی خاک مثل توقف شوره‌سازی (نیتریفیکاسیون) خاک همراه با کاهش پیوسته جذب نیتروژن توسط گیاهان بوده است. این مطالعات همچنین نشان می‌دهد که آفت‌کش‌ها بر میکروارگانیزم‌های خاک که عامل تجزیه بیولوژیک مواد گیاهی (و بعضی آفت‌کش‌های شیمیایی) بوده و همچنین در ساختار خاک نیز نقش دارند. اثر نامطلوبی می‌گذارند. کادر شماره ۶ نشان‌دهنده موارد منطقه‌ای تأثیرات بوم شناختی آفت‌کش‌هاست.

عوامل طبیعی مؤثر در تجزیه آفت‌کش‌ها

علاوه بر واکنش‌های شیمیایی و فتوشیمیایی، دو عامل بیولوژیکی دیگر نیز وجود دارند که باعث خنثی شدن آفت‌کش‌ها می‌شوند. یکی از این دو فرآیند میکروبیولوژیکی در خاک و آب و دیگری سوخت و ساز آفت‌کش‌هایی است که همراه غذا به دستگاه گوارش موجودات زنده وارد می‌شوند. گرچه هر دو فرآیند به دلیل کاهش اثر سمی آن سودبخش است، فرآیند سوخت و ساز آن در بدن ماهی‌ها تأثیرات مضر به جای می‌گذارد. برای سوزاندن آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی خارجی دیگر، بدن انرژی مصرف می‌کند و از آنجائیکه این انرژی قسمتی از کل انرژی بدن برای فعالیت‌های مفید است، رشد و تولید مثل ارگانیزم‌ها را دچار اشکال می‌کند.

تجزیه آفت‌کش‌ها در خاک: بیشتر آفت‌کش‌ها سریعاً در خاک پراکنده و مضمحل می‌شوند. این فرآیند که در آن آفت‌کش تبدیل به مواد معدنی می‌شود منجر به تبدیل آفت‌کش به ترکیبات ساده‌تر نظیر دی اکسید کربن، آب و آمونیاک می‌گردد، قسمتی از این فرآیند ناشی از فعل و انفعالات شیمیایی مثل آبکافت (هیدرولیز) و نورکافت (فتولیز) است. و در عین حال کاتابولیزم‌ها و متابولیزم‌های میکروبیولوژیکی معمولاً مسیر اصلی این فرآیند معدنی شدن هستند. موجودات زنده ذره‌بینی خاک از آفت‌کش به عنوان منبع کربن یا دیگر عناصر مغذی استفاده می‌کنند برخی مواد شیمیایی (مانند 2-4-D) خیلی سریع در خاک تجزیه می‌گردند ولی در مورد برخی دیگر

(مثل 2,4,5-T) این عمل به راحتی انجام نمی‌گیرد. برخی مواد شیمیایی بسیار پایدار هستند و تجزیه بسیار کندی دارند. (مثل آترازین[1]).

فرآیند سوخت و ساز: سوخت و ساز آفت‌کش‌ها در بدن جانوران فرایند بسیار مهمی است که از طریق آن موجود زنده می‌تواند در مقابل اثرات سمی مواد شیمیایی خارجی موجود در مواد غذایی از خود محافظت کند. مواد شیمیایی در بدن موجودات زنده تبدیل به مواد با اثرات سمی کمتری می‌شوند و برخی از طریق مدفوع دفع گردیده و برخی دربدن موجود زنده تجمع می‌یابند. اعضاء مختلف بدن به خصوص جگر بسته به نوع ماده شیمیایی تأثیر بیشتری از آن می‌گیرند. آنزیم‌ها نقش مهمی در فرآیند سوخت و ساز ایفا می‌کنند و وجود برخی آنزیم‌ها به خصوص (اکسیژنازهای چند منظوره) MFOs[2] در جگر، در حال حاضر به عنوان نشانه‌ای برای فهم اینکه آیا جانداری در معرض مواد شیمیایی خارجی بوده یا نه، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کادر ۶- مثال‌های منطقه‌ای در مورد اثرات بوم شناختی

بنگاه محیط زیست اروپا EEA در سال ۱۹۹۴ با بیان تحقیقی که توسط گالاسی[3] و همکاران انجام شده بود رابطه تنگاتنگ سمی شدن آب رودخانه "پو" را با زئوپلانکتون دافنیاماگنا را مورد توجه قرار داد. علت آلودگی رواناب حاوی آفت‌کش‌های کشاورزی بود.

در دریاچه‌های بزرگ آمریکای شمالی، تجمع و ازدیاد مرحله به مرحله ترکیبات کلردار در بدن جانورانی که براساس استاندارد، در سیستم آبی غیر آلوده‌ای زندگی می‌کردند باعث از بین رفتن شکارگرهای صدر هرم مثل عقاب، سمور و ناهنجاری در چندین گونه پرنده آبی گشت.

بنا به گزارش صندوق جهانی طبیعت (WWF) در سال ۱۹۹۳: مقدار قابل توجهی که به صورت تخمین شامل ۱۹۰۰۰۰ تن آفت‌کش‌های کشاورزی است به علاوه مقدار زیادی آفت‌کش‌های غیر کشاورزی توسط کشورهای حوضه دریای شمال، به درون رودخانه‌ها ریخته می‌شود که نهایتاً از طریق رودخانه، آب‌های زیرزمینی و فرآیندهای جوی وارد دریای شمال می‌گردند. علاوه بر این سازمان یاد شده افزایش بیماری در گونه‌های مختلف ماهی در مناطق به شدت آلوده دریای شمال و آب‌های ساحلی کشور انگلستان را که از دهه ۱۹۷۰ همواره بر اثر قرار داشتن در معرض آفت‌کش‌ها در حال افزایش بوده است گزارش کرده است.

1- Atrazine
2- Mixed Function Oxygenase
3- Galassi et al.

پایش آفت‌کش‌ها در آب‌های سطحی

داده‌های حاصل از پایش مربوط به آفت‌کش‌ها در تمامی جهان به خصوص کشورهای در حال توسعه فقیر است. در بیشتر کشورهای غربی آفت‌کش‌های مهم جزو برنامه پایش قرار گرفته‌اند. با این وجود هزینه‌های بالای تجزیه و تحلیل و محدودیت زمانی برای نمونه‌برداری در طول سال (که تنها در زمان مصرف آفت‌کش در دوره کوتاهی از سال ممکن است) پیشرفت جمع‌آوری اطلاعات را کند می‌سازد. بسیاری از کشورهای در حال توسعه به علت تجهیزات ناکافی، مواد معرف ناخالص و محدودی‌های مالی، در پیشبرد برنامه‌های تحلیل مواد شیمیایی آلی دشواری‌های زیادی دارند. فنون جدید با استفاده از فرآیندهای ایمنی‌سنجی در مورد وجود یا فقدان گونه مشخص آفت‌کش باعث کاهش هزینه‌های و کم شدن درصد خطا خواهد شد. آزمایش‌های ایمنی‌سنجی برای تریازین‌ها، اسیدآمیدها، کاربامات‌ها، 2,4-D فنوکسی اسید، پاراکوت و آلدرین در دسترس می‌باشند[1].

جمع‌آوری اطلاعات در مورد ترکیبات چربی دوست موجود در بدن ماهی‌ها و بررسی در معرض بودن و یا تأثیر آفت‌کش‌های چربی دوست در ماهی‌ها از طریق تجزیه جگر ماهی تنها به برنامه‌های تحقیقی محدود می‌شود. با این حال در اغلب موارد نمی‌توان وجود، عملکرد و رفتار آفت‌کش‌هایی را که در سطح وسیع جهان بکار می‌روند تعیین کرد. در مقابل تأثیرات گونه‌های قدیمی‌تر مثل DDT بر زیست بوم به سرعت در حال شناسایی است و در نتیجه این سم در بسیاری از کشورهای جهان از فعالیت‌های کشاورزی حذف شده است.

جدول شماره ۱۷ نشان می‌دهد که چرا آفت‌کش‌های قدیمی‌تر به همراه دیگر مواد سرطان‌زای آب‌گریز مثل هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقوی (PAH) و پلی کلرو بی فنیل PCB در زمان آزمایش نمونه‌های آب به راحتی قابل مشاهده نیستند. به عنوان مثال، دامنه غلظت ذرات جامد معلق در رودخانه‌ها معمولاً ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است به جز در زمان فرسایش و شستشوی خاک که غلظت این ذرات بسیار بالاتر از مقادیر فوق می‌رود. رودخانه‌های مناطق استوایی که تحت

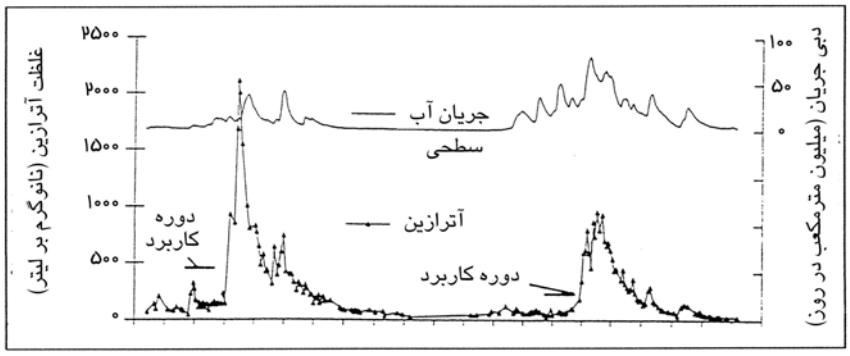
1- Rickert

تأثیر توسعه قرار نگرفته‌اند. غلظت رسوبات معلق بسیار پایینی دارند ولی این نمونه‌ها نیز به دلیل گسترش کشاورزی و جنگل‌زدایی مناطق حاره، سریعاً در حال کاهش هستند. به عنوان مثال حدود ۶۷٪ از د.د.ت از طریق ذرات معلق در رسوبات رقیق با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر انتقال می‌یابد که این میزان در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ۹۳٪ می‌رسد. مشکلات تحلیلی (آنالیزی) موجود در مطالعه کیفیت آب در بسیاری از آزمایشگاه‌های کشورهای در حال توسعه و همچنین این حقیقت که میزان تفاوت در بررسی‌ها ممکنست بین ۵۰ تا ۱۵۰٪ در مورد ترکیبات آلی متفاوت باشد، باعث شده است تا اطلاعات مربوط به نمونه‌های آب، شاخص ضعیفی برای میزان ترکیبات آلاینده آب باشد چرا که این آلاینده‌ها مستقیماً مربوط به مقدار ذرات جامد موجود در آب می‌شوند. تعداد NDها (ترکیبات غیر قابل ردیابی) نیز در بسیاری از مجموعه داده‌ها متأثر از نمونه‌برداری‌های غلط و گاهی تجهیزات تحلیلی ناکافی است و واضح است که این امر ارزیابی تأثیر آفت‌کش‌ها را در بسیاری از نقاط جهان مشکل می‌سازد. تجربه نشان می‌دهد که حدود آفت‌کش‌های پیوسته به رسوبات بسیار بیشتر از آنچه گزارش شده، می‌باشد و ترکیبات غیرقابل ردیابی معمولاً گمراه‌کننده هستند برخی از بنگاه‌های کیفیت آب امروزه با استفاده از ابزارهای چندگانه (آب + رسوبات + موجودات زنده) اقدام به نمونه‌برداری کرده و با بررسی آنها به تحلیل و نتیجه دقیق‌تری در مورد محیط زیست‌های آبی دست می‌یابند.

جدول (۱۷)- نسبت وجود آفت‌کش‌های منتخب که در پیوند با رسوبات معلق هستند

آفت‌کش	لگاریتم K_{ow}	درصدی از بار شیمیایی در غلظت‌های مختلف از رسوبات معلق			
		10 mg/L	100 mg/L	1000 mg/L	10000 mg/L
آلدرین	5.5	۱۵	۵۵	۹۰	۱۰۰
آترازین	2.6	۰	۰	۲	۲۰
کلردان	6.0	۳۰	۷۵	۹۵	۱۰۰
د.د.ت	5.8	۲۰	۶۷	۹۳	۱۰۰
دی الدرین	5.5	۱۵	۵۵	۹۰	۱۰۰
اندرین	5.6	۱۸	۵۷	۹۰	۱۰۰
اندوسولفان	3.6	۰	۰	۲۱	۵۷
هپتاکلر	5.4	۱۳	۴۸	۸۸	۱۰۰
لیندان	3.9	۰	۲	۳۰	۸۰
میرکس	6.9	۷۵	۹۵	۱۰۰	۱۰۰
توگزافن	3.3	۰	۰	۱۲	۴۷
تریفلورالین	5.3	۱۲	۴۵	۸۷	۱۰۰
2,4-D	2.0	۰	۰	۰	۴

مشکل دیگر این است که در برخی مواقع حدود آشکارسازی (کمینه غلظتی که دستگاه نشان می‌دهد) در پایش‌های معمول جهت برخی آفت‌کش‌های خاص برای تعیین بودن یا نبودن خطر بسیار بالاتر از حدود مجاز تندرستی انسان است. براساس گزارش گیلیام[1] در سال ۱۹۸۴ شبکه پایش آفت‌کش‌ها در بخش مطالعات زمین‌شناسی ایالات متحده حد آشکارسازی ۰/۰۵ میکروگرم در لیتر را برای د.دت. تعیین کرده است در حالیکه معیار مجاز برای حیات آبزیان ۰/۰۰۱ میکروگرم در لیتر و برای انسان ۰/۰۰۰۲ میکروگرم در لیتر است که هر دو مورد بسیار پایین‌تر از حد تعیین شده در برنامه فوق هستند. عبارت ND (غیر قابل ردیابی) مدرک مناسبی برای انکار وجود مواد شیمیایی نیست و اغلب صدماتی را برای حیات آبزیان و انسان به همراه دارد. وجود مشکل اندازه‌گیری در ایالات متحده نشان می‌دهد که مسئله جمع‌آوری اطلاعات در مورد کیفیت آب در کشورهای در حال توسعه می‌تواند بسیار جدی‌تر باشد. علاوه بر این، محدودیت‌های ردیابی تنها یکی از مشکلات موجود در راه تحلیل آلاینده‌های آلی برای شیمی‌دانان محیط زیست است.



شکل (۱۳)- آشکارشدن آترازین، نوعی علف‌کش پرمصرف در آب سطحی، به دوره بلافاصله پس از کاربرد آن محدود می‌شود

مرجع: شاتلر و همکاران. ۱۹۹۴ (این‌اطلاعات با کسب اجازه انجمن شیمی ایالات متحده منتشر شده است)

1- Gilliom

حتی زمانیکه مقادیر تحلیلی مربوط به آب‌های سطحی و رسوبات موجود باشند، بدست آوردن اطلاعات مربوط به آفت‌کش‌ها از روی آنها ساده نیست. برای مثال، پایداری آفت‌کش‌های آلی کلردار (مانند د.د.ت) به گونه‌ای است که ردیابی آنها می‌تواند فقط نشانگر عوامل زیر باشد: (۱) ماده شیمیایی پس از طی مسافت طولانی در دنیا به اینجارسیده و جایگزین شده و (۲) ماده شیمیایی به جای مانده از روزگاریست که در همین محل مورد استفاده قرار گرفته برای مثال در آمریکای شمالی، گرچه حدود دو دهه است که دیگر د.د.ت مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، ولی وجود آن ردیابی می‌شود. ارتباط مواد آلی کلردار با رسوبات نشان‌دهنده این است که توانایی بستر رودخانه برای احیا و پاک شدن از چنین مواد شیمیایی بستگی به مدت زمان لازم برای انتقال رسوبات ریزدانه از بستر آن دارد. زمین‌شناسان (متخصص در ریخت‌شناسی زمین) امروزه می‌دانند که فرآیند فرسایش و انتقال رسوبات و خاک ریزدانه به علت رسوبگذاری در بستر رودخانه‌ها، بسیار فرآیند پیچیده‌ای است و ده‌ها سال طول می‌کشد تا این مواد از بستر رودخانه حمل شوند. در مورد رسوبات و آفت‌کش‌های پایدار که هنوز در برخی مناطق جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند باید گفت که وجود این ترکیبات یا رسوبات حاوی آنها در آب ناشی از آلاینده‌های مورد استفاده در گذشته و حال است. این اطلاعات اتخاذ سیاست‌های تصمیم‌گیری در مورد محدودیت یا ممنوعیت استفاده از این ترکیبات را مشکل می‌سازد.

نظارت کنترلی بر آفت‌کش‌ها مستلزم برنامه‌های آزمایشگاهی و اجرایی قابل بهبود و تغییری است که بتواند پاسخگوی دوره‌های کاربرد آفت‌کش‌ها باشد و همچنین به عنوان نمونه‌ای برای کاربرد بهینه ابزارهای مطالعاتی (مثل آب، رسوبات، موجودات زنده) قرار گیرد و قادر به ارائه مقادیری باشد که سلامتی انسان و زیست بوم را تضمین کند و در عین حال بتواند بین آفت‌کش‌هایی که از قدیم به جای مانده و آنهایی که در حال حاضر بکار گرفته می‌شوند تمایز قائل شود.

پایش آفت‌کش‌هایی که قابلیت حل شدن بالایی دارند باید با در نظر گرفتن دوره‌های زمانی و نوع مصرف آفت‌کش همراه باشد. در ایالات متحده که مطالعات زیادی بر روی رفتار هرزآب آلوده به آفت‌کش‌ها انجام شده، تریازین ها (آترازین و سیانازین) و آلاکلر (استامیدهای کلرینه[1]) کمابیش پرمصرف‌ترین علف‌کش‌ها هستند که در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد عمدتاً در بهار (ماه اردیبهشت) مورد استفاده قرار گیرند. مطالعات انجام شده توسط شاتلر[2] در سال ۱۹۹۴ نشان می‌دهد که ۵۵ الی ۸۰٪ آبشستگی آفت‌کش‌ها در ماه ژوئن روی می‌دهد (شکل شماره ۱۳). نکته مهم در مورد پایش این مواد این است که بسیاری از آفت‌کش‌های جدیدتر و حل شدنی تنها مدت کوتاهی بعد از بکارگیری قابل ردیابی هستند، بنابراین در برنامه‌های پایشی که بطور فصلی یا سالانه مورد استفاده قرار می‌گیرند نمی‌توان برای اندازه‌گیری و یا تشخیص اثرات آنها در آب‌های سطحی استفاده کرد.

آفت‌کش‌هایی که کاربرد محدودتری دارند عمدتاً قابل ردگیری در آب‌های سطحی نیستند. خطر اصلی در اینجاست که بسیاری از دست اندرکاران وجود مواد شیمیایی غیر قابل ردیابی (NDها) را در نظر نمی‌گیرند و آن را به منزله غیاب این مواد فرض می‌کنند. این بدین معنی است که برنامه‌های پایش در جمع‌آوری اطلاعات در زمان مناسب موفق نبوده و یا عوامل غلط را مورد تحلیل قرار داده است.

کنترل و مدیریت آفت‌کش‌ها

پیش‌بینی تأثیرات آفت‌کش‌ها بر کیفیت آب و اقدامات مرتبط با آن در زمینه مدیریت اراضی دو عامل مهم کنترلی در سطح مزرعه و توسعه راهکارهای عمومی برای کنترل آفت‌کش‌ها هستند. ابزارهای پیش‌بینی معمولاً به شکل مدل هستند که در جدول شماره ۷ به آنها اشاره شده است. در عین حال فرایندهای مبهم هیدرولوژیکی

1- Chlorinated astamids
2- Schottler

که کنترل نفوذ و رواناب، فرسایش و حمل رسوبات را به عهده دارند. همان عوامل کنترلی حرکت آفت‌کش‌ها هستند. این فرایندها در فصل ۲ توضیح داده شده‌اند.

تجربه اروپایی‌ها

"مؤسسه ملی حفاظت از محیط زیست و سلامت عمومی کشور هلند (RIVM)" در سال ۱۹۹۲ چنین نتیجه‌گیری کرد که سفره‌های آب زیرزمینی در تمام اروپا در معرض خطر آفت‌کش‌ها قرار دارند. این امر براساس اطلاعات پایشی موجود و محاسبات مربوط به بار جرمی آفت‌کش‌ها، حساسیت خاک و آبشویی کاملاً محرز است. چنین محاسبه شده است که در ۶۵٪ کل اراضی کشاورزی، غلظت مجموع کل آفت‌کش‌ها از استاندارد اتحادیه اروپا (EC) که ۰/۵ میکروگرم بر لیتر است تجاوز می‌کند. در سطح تقریبی ۲۵٪ از این مناطق مقدار یاد شده از ۱۰ برابر استاندارد نیز بیشتر است.

برای شناسایی مصرف نادرست آفت‌کش‌ها و اثرات آن بر محیط زیست و سلامتی انسان کشورهای اروپایی اقداماتی را انجام داده‌اند که از آن جمله می‌توان موارد زیر را ذکر کرد:

- کاهش در مصرف آفت‌کش‌ها در برخی کشورها تا ۵۰٪
- ممنوعیت در استفاده از برخی ترکیبات فعال
- تغییر در معیارهای استفاده از آفت‌کش‌ها
- آموزش و اعطای مجوز به افرادی که آفت‌کش‌ها را بکار می‌برند.
- کاهش در مقدار مصرف و اصلاح برنامه‌های مربوط به کاربری آفت‌کش‌ها تا ضمن برآوردن نیازهای کشاورزی. سمپاشی کمتری صورت گیرد
- آزمایش و تائید ابزار سمپاشی
- محدودیت در سمپاشی هوایی
- وضع مالیات‌های زیست محیطی بر آفت‌کش‌ها
- ترویج روش‌های کنترل مکانیکی و بیولوژیکی به جای آفت‌کش‌ها

همچنین در برخی مناطق مثل اندونزی کاهش یارانه بر آفت‌کش‌ها باعث کاهش در مصرف آنها شده و موفقیت برنامه‌های‌مدیریتی کاربرد آفت‌کش‌ها را بالا برده است[۱].

انتخاب و ثبت آفت‌کش‌ها

کنترل آفت‌کش‌ها اصولاً از طریق نظام ثبت ملی آنها که ساخت و فروش این محصولات را به اشخاص مورد تأیید منحصر می‌کند، انجام می‌گیرد. در کشورهای توسعه یافته، ثبت، فرآیندی رسمی است که براساس آن آفت‌کش‌ها به خصوص از جهت تأثیراتشان بر پستانداران (مثل سرطان، تغییرات هورمونی جهش ژنی و غیره) و طیف وسیعی از اثرات زیست محیطی مربوط به رفتار شیمیایی و فیزیکی مواد مورد بررسی قرار می‌گیرند.

معضل اصلی در بسیاری از کشورهای جهان سوم این است که آفت‌کش‌های قدیمی مثل DDT هنوز بسیار ارزان و مؤثر هستند. علاوه بر این اجرای قوانین در این کشورها ضعیف است و آفت‌کش‌های ممنوعه به راحتی مورد فروش و استفاده قرار می‌گیرند. تفاوت بین مصرف واقعی آفت‌کش‌ها و آنچه به عنوان خطی‌مشی رسمی کشورهاست در بسیاری از کشورها بسیار زیاد است.

کنترل قانونی در بسیاری از کشورها بدون انجام اقداماتی مثل فراهم آوردن تحصیلات و تشویقات بی‌فایده است. علت موفقیت این برنامه‌ها در کشورهای توسعه یافته و عدم موفقیت در کشورهای در حال توسعه بستگی زیادی به دو عامل دارد:

۱) توانایی دولت در تنظیم و وضع مالیات‌ها و ۲) توانایی و آمادگی جامعه کشاورزی برای درک و عمل به برنامه‌های‌آموزشی. معضل اصلی در اینجا سود کوتاه مدتی است که عاید کشاورزان، سازندگان آفت‌کش و یا واردکنندگان آن از طریق کاربرد آفت‌کش‌های خطرناک برای محیط زیست می‌گردد.

۱- (Brinkman) سال ۱۹۹۵.

در حال حاضر نگرانی زیادی در مورد استفاده بی‌رویه و یا سوءاستفاده از آفت‌کش‌ها و تأثیرات آن بر محیط زیست و گاهی سلامت انسان وجود دارد و این نگرانی تا حدی است که دولت‌ها نیاز به برنامه‌های کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها را به عنوان قسمتی از راهبرد اصلی کشاورزی حس می‌کنند. در سال ۱۹۹۲ کشورهای دانمارک، هلند و سوئد اولین کشورها در بین ۲۴ کشور سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی بودند که اجرای چنین برنامه‌ای را لازم دانستند. هلند بعد از ایالات متحده بزرگترین صادرکننده فراورده‌های کشاورزی است. در مقابل، کشور سوئد بیش از ۷۰٪ از این مواد را برای استفاده در جنگل‌ها بکار می‌گیرد و تنها ۳۰٪ به مصارف کشاورزی اختصاص می‌دهد. همانگونه که در بالا آمد، فقدان اطلاعات پایه‌ای در مورد آفت‌کش‌ها در آب‌های سطحی کشورهای OECD، محدودیتی برای تعیین مقادیر استاندارد است که براساس آن بتوان برنامه‌های کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها را تنظیم نمود.

مثالی از دانمارک

در سال ۱۹۸۶ دولت دانمارک برنامه‌ای را برای کشاورزی پایدار تنظیم کرد که براساس آن از کاربرد آفت‌کش‌ها برای دستیابی به دو هدف زیر جلوگیری خواهد شد[1]:

- حفاظت از سلامتی انسان در مقابل خطرات ناشی از اثرات منفی آفت‌کش‌ها، عمدتاً به وسیله جلوگیری از ورودشان به بدن از راه غذا یا آب آشامیدنی.
- حفاظت از محیط زیست ـ موجودات زنده، گیاهان و حیواناتی که در روی زمین و یا درون آب منطقه مورد نظر زندگی می‌کنند و جزو جانداران مفید به حساب آمده و هدف آفت‌کش‌ها نیستند

1- WWF, 1992

کادر ۷- اطلاعات آفت‌کش‌ها

یکی از منابع موجود اطلاعات در مورد آفت‌کش‌ها از طریق شبکه سم‌شناسی دانشگاه اورگون[1] در اینترنت است. Extoxnet[2] اطلاعات مربوط به موارد زیر را در اختیار می‌گذارد:

- شبکه گسترش سم‌شناسی چیست؟
- مجموعه اطلاعات مربوط به آفت‌کش‌ها
- خلاصه‌ای از اطلاعات مربوط به سموم
- مطالب مربوط به موضوع سم‌شنایی
- سوابق ثبت شده
- اخبار در مورد موضوعات مربوط به سم‌شناسی
- سوابق ثبت شده
- اخبار در مورد موضوعات مربوط به سم‌شناسی
- منابع برای دستیابی به اطلاعات درباره سم‌شناسی
- اطلاعات فنی
- گروه‌های ارتباط پستی
- جستجوی تمامی اطلاعات موجود با دادن کلید واژه
- جستجوی تمامی اطلاعات موجود با دادن قسمتی از واژه

آدرس پستی الکترونیکی : almanac @ sulaco. Oes. Orst. edu

دسترسی از طریق شبکه اطلاع‌رسانی جهانی:
http://www. oes. orst. edu 70/1/ext

هدف اصلی، کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها به میزان ۵۰٪ تا سال ۱۹۹۷ نسبت به میزان آفت‌کش بکار رفته در طول سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵ بود که ساز و کارهای اجرایی آن عبارت بودند از: ۱) کاهش در میزان فروش این ترکیبات فعال و ۲) کم کردن دفعات کاربرد. در حالی که گزارش صندوق جهانی منابع طبیعی[3] (WWF) در

1- Oregon
2- Extension Toxicology Network
3- World Wide Fund for Nature (WWF)

سال ۱۹۹۲ مبنی بر آن بود که تا ۱۹۹۳ فروش ترکیبات فعال ۳۰٪ کاهش داشته اما دفعات کارکرد این ترکیبات کاهش نیافته است.

قوانین کشور دانمارک موارد زیر را نیز در بر می‌گیرد اگرچه تا سال ۱۹۹۳ همه این آنها موفقیت قابل ملاحظه‌ای نداشته‌اند:

- **ارزیابی مجدد ترکیبات فعال**: ارزیابی مجدد نشان‌دهنده دانش علمی بهبود یافته در مورد مسیرهای طی شده، فرجام و اثرات آفت‌کش‌هاست. تا سال ۱۹۹۳، ۸۰٪ از ۲۲۳ نوع ترکیبات فعال مورد ارزیابی مجدد قرار گرفته و کمتر از ۴۰٪ آنها مورد موافقت قرار گرفتند و حدود ۱۵٪ تنها به نوع مشخصی از کاربرد محدود گردیدند.
- **ترویج کشاورزی آلی**: قوانین وضع شده، اعتباری را برای ترویج و تبدیل کشاورزی سنتی به کشاورزی آلی بدون استفاده از آفت‌کش‌ها اختصاص دادند.
- **وضع مالیات بر آفت‌کش‌ها**: مؤسسه کشاورزی دانمارک چنین نتیجه‌گیری کرد که «وضع مالیات برآفت‌کش‌ها می‌تواند به گونه‌ای طراحی و اعمال شود که مصرف آفت‌کش‌ها را بدون صدمه به وضعیت اقتصادی در بخش کشاورزی پایین آورد. مالیات‌های جمع‌آوری شده از این راه دوباره به بخش کشاورزی برمی‌گردد». مطالعات انجام شده در بخش کشاورزی حاکی از این است که مالیات بر آفت‌کش‌ها نمی‌تواند برای همیشه به عنوان یک عامل کاهش‌دهنده مصرف مورد استفاده قرار گیرد.
- **تعیین صلاحیت کاربران آفت‌کش‌ها**: تمامی کشاورزان و سم‌پاش‌های تجاری باید دارای مجوز کاربرد آفت‌کش‌ها باشند. اعطای جواز مبنی بر فراگرفتن آموزش در زمینه آفت‌کش‌ها است.
- **ثبت سوابق استفاده از آفت‌کش‌ها**: از روز اول اوت سال ۱۹۹۳ کلیه کشاورزان متعهد شدند تا سابقه‌ای از کاربرد آفت‌کش خود تنظیم کنند.
- **صدور تائیدیه تجهیزات سم‌پاشی**: این اقدام در جهت ایجاد قدرت کنترل برای وزارت کشاورزی در مورد نوع تجهیزات سم‌پاشی مورد استفاده در دانمارک

صورت گرفت. سم‌پاش‌های جدید رایانه‌ای نظارت دائم بر مقدار آفت‌کش خروجی را میسر ساخته و مصرف بیش از حد آن جلوگیری می‌شود.

دولت دانمارک موارد زیر را به عنوان قسمتی از فرایند قانون‌گذاری خود در نظر دارد:

- **اعمال محدودیت در حداکثر آفت‌کش استفاده‌شونده در محیط زیست**: مقصود از اینکار تنظیم شاخصی است که مقدار کاربرد آفت‌کش را با اثرات بوم‌شناختی آن متعادل کند. تحقق چنین برنامه‌ای دشوار است. براساس آنچه صندوق جهانی منابع طبیعی ذکر کرده، ارتباط مستقیمی بین شاخص کمی آفت‌کش مورد استفاده و اثرات زیست محیطی آن وجود ندارد، چرا که این شاخص حاصل تبادلات پیچیده بین عوامل مختلف بسیاری است. با وجود این، ایدهٔ فوق از ارزش قانونی برخوردار است و ممکن است حداقل در مورد چند گونه محدود از آفت‌کش‌ها عملی باشد.
- **ممنوعیت استفاده از آفت‌کش در حریم ۱۰ مایلی دریاچه‌ها، منابع آب تالاب‌ها و مناطق حفاظت شده**: این کار می‌تواند تا حدی زیست بوم‌های آبی را درست همانند استفاده از نوارهای حاشیه‌ای حفاظتی (بافر) برای کاهش اثرات رسوب‌گذاری، مورد حفاظت قرار دهد.
- **ممنوعیت استفاده از آفت‌کش در حریم معین از باغ‌های خصوصی و اراضی که در آنها زراعت بدون استفاده از آفت‌کش صورت می‌گیرد.**
- **ممنوعیت استفاده از آفت‌کش تا حریم ۱۰ متری منابع آب آشامیدنی**

سوئدی‌ها در دستیابی به اهداف مربوط به کاهش کاربرد آفت‌کش‌ها موفقیت‌های چشمگیری بدست آورده‌اند. صندوق جهانی منابع طبیعی موفقیت آنها را مرهون عوامل زیر می‌داند:

- در نظر گرفتن اهداف قابل دسترس و استفاده از اقدامات چندگانه جهت کاهش
- نقش مهم وزارت محیط زیست و بازرسین مواد شیمیایی
- پشتیبانی فعال از کشاورزان با در نظر گرفتن اقتصاد و دستاوردهای زیست محیطی کاهش مصرف آفت‌کش‌ها

- ایجاد پایگاه توانمند تحقیق و توسعه برای پشتیبانی از کاربرد و ساخت آفت‌کش‌های جدید
- اعطای مجوز به ماشین‌آلات جدید و آزمایش مرتب سم‌پاش‌های مزرعه‌ای در مراکز کنترل دولتی
- ارزشیابی مجدد و ثبت مجدد آفت‌کش‌ها که باعث شد ۳۳۸ نوع محصول از بازار حذف شود.

آفت‌کش‌ها و کیفیت آب در کشورهای در حال توسعه

میزان استفاده از آفت‌کش‌ها در کشورهای در حال توسعه بسیار متفاوت است و میزان آن از صفر در قسمت‌های وسیعی از آفریقا تا مقادیر بسیار بالا در کشاورزی متمرکز کشور برزیل و آمریکای مرکزی تغییر می‌کند. «کالاماری» و «نوه»[1] با مروری بر مدارک محدود در زمینه کاربرد آفت‌کش‌ها در افریقا در بررسی تحقیقی خود چنین نتیجه می‌گیرند که «غلظت آفت‌کش‌های مشاهده شده در واحدهای گوناگون آبی، گذشته از پاره‌ای موارد استثناء، کمتر از دیگر بخش‌های جهان است، به ویژه از کشورهای توسعه یافته‌ای که پیشینه طولانیتری در مصرف آفت‌کش‌ها داشته‌اند. بطور کلی رسوبات، موجودات زنده و آب‌های ساحلی البته بدون در نظرگرفتن چند استثناء در مناطق بحرانی، آلودگی کمتری نسبت به آب‌های محصور دارند».

ایالت پارانا در کشور برزیل نمونه خوبی برای کشورهای در حال توسعه‌ای که توسعه بسیار سریع در کشاورزی داشته و از لحاظ نظارت بر مصرف آفت‌کش‌ها با بحران روبرو هستند، می‌باشد. بنا به گزارش «آندرئولی» در سال ۱۹۹۳ برزیل بطورکلی تبدیل به سومین مصرف‌کننده مواد سمی کشاورزی[2] شده است که تنها کشورهای فرانسه و ایالات متحده از آن بالاتر هستند و با این وجود وی اضافه می‌کند که کمتر از ۱۵٪ از ترکیبات فعال موجود در بازار برزیل مورد تحلیل قرار می‌گیرند که دلیل آن فقدان روش کار، تجهیزات و منابع مالی است. با این وجود، در

1- Calamari & Naeve , 1994
2- agrotoxic

مطالعه ۱۷ نوع ماده سمی کشاورزی (شامل ۱۱ نوع آفت‌کش آلی کلردار) در طول سال‌های ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۴ در حوضه رودخانه پارانا، ۹۱/۴٪ از نمونه‌های برداشت شده در محل، حاوی دست کم یکی از ترکیبات آفت‌کش بودند. در زیرحوضه «پریپائو» ۹۷/۲ ٪ از نمونه‌های آب مصرفی در محیط و تمام ۱۰۰٪ نمونه‌های برداشت شده از چشمه‌ها، وجود آفت‌کش‌ها را نشان دادند. او همچنین خاطر نشان می‌کند که مطالعات مربوط به مسمومیت در سال ۱۹۸۵ نشانگر تأثیرات شدید آفت‌کش‌های ارگانو فسفات بود که بیشترین تأثیرات را بر انسان‌های بین ۱۵ تا ۲۵ سال می‌گذارد.

قانون بین‌المللی نظارت بر مصرف و توزیع آفت‌کش‌ها که توسط فائو تدوین و به اجرا در می‌آید، بسیار مرتبط با مهار آلایندگی آفت‌کش‌ها و حفاظت محیط زیست است.

مشکلات مربوط به مدیریت استفاده از آفت‌کش‌ها در کشورهای در حال توسعه در مقایسه با کشورهای توسعه یافته تاحدودی متفاوت است. این مشکلات عبارتند از:

- ضعف در قانون‌گذاری و ضمانت اجرای آن در مورد آفت‌کش‌ها شامل واردات، استفاده و دفع آنها.
- اهدای آفت‌کش‌ها توسط خیرخواهان که باعث تشویق کاربرد بی‌رویه شده است و نیز باعث گردیده تا از مقادیر مورد استفاده قبلی تجاوز شود.
- انبارسازی آفت‌کش‌ها به خصوص در کشورهایی که دولت ناپایدار دارند به منظور استفاده از آنها در مواقع قیام یا جنگهای داخلی.، مثال‌هایی موجود است که در آنها به واسطه انبارسازی آفت‌کش توسط افراد ناوارد، آب‌های زیرزمینی دچار آلودگی شدید گشته و سلامت عمومی به مرحله بحرانی رسید.
- ذخیره‌سازی و حمل یکی از مشکلات مهم است. نشت مواد از بشکه‌های قدیمی و دفع عمدی مازاد سموم استفاده شده در آب‌های جاری، آن از این جمله‌اند.
- معدوم‌سازی آفت‌کش‌های کهنه (به خاطر از بین رفتن اثرات ترکیبات فعال آنها) از لحاظ مالی مقرون به صرفه نیست (حدود ۵۰۰۰ دلار برای هر تن). به خصوص که ذخایر فوق باید به کشورهای توسعه یافته حمل شوند. نتیجتاً

بشکه‌های قدیمی با نشت بر آب‌های سطحی و زیرزمینی و یا دور انداخته شدن، وضع را بدتر می‌کنند.

- عدم آموزش کاربرها در حمل و کاربرد آفت‌کش که کاربرد غلط و تأثیرات زیانبار زیست محیطی و بهداشتی را در بردارد.
- استفاده از آفت‌کش‌ها برای اهداف نامناسب مثل کشتن ماهی‌های غیر خوراکی
- استفاده از بشکه‌های کهنه آفت‌کش‌ها برای مصارف آب آشامیدنی و پخت و پز و غیره.

کادر ۸- قانون بین‌المللی نظارت بر استفاده و توزیع آفت‌کش‌ها

این قانون که در سال ۱۹۸۵ توسط فائو و کشورهای عضو آن وضع شد، مقرر می‌دارد که: «در نبود فرآیندهای ثبت آفت‌کش‌ها و کنترل دولت بر بخش آفت‌کش‌ها، کشورهای وارد کننده آفت‌کش‌ها باید بر قوانین صنعت ساخت آفت‌کش تکیه کرده و پخش و کاربرد صحیح آفت‌کش‌ها را ترویج دهند. در چنین شرایطی تولیدکنندگان خارجی، صادرکنندگان، تهیه‌کنندگان فرمول، پخش‌کننده‌ها، بسته‌بندی‌کننده‌ها، مشاورین و کاربرها، همگی موظف به تقبل مسئولیت عمل و کاربرد صحیح آفت‌کش‌ها هستند».

اخذ موافقت با اطلاع قبلی[1] (PIC): یکی از مواد مهم قانون بین‌المللی نظارت است. براساس این بند، آفت‌کش‌هایی که به دلایل بهداشتی و زیست محیطی، ممنوع یا به شدت محدود شده‌اند، موضوع اصلی این قانون هستند. هیچیک از این آفت‌کش‌ها اجازه صدور به کشورهای عضو این قانون را ندارند مگر با تصمیم کشور واردکننده اجرای قانون PIC مشترکاً توسط فائو و یونپ[2] و ۱۲۷ کشور دیگر که در دسامبر ۱۹۹۴ به عضویت آن در آمدند انجام می‌گیرد.

آفت‌کش‌هایی که تا سال ۱۹۹۴ تحت نظارت این بند قرار دارند به شرح زیر می‌باشند:

آلدرین	د.د.ت	دی الدرین
دینوزب	فلورواستامید	اچ.سی.اچ
کلردان	سی هگزاتین	ای.دی.بی
هپتاکلر	کلردایم فورم	ترکیبات جیوه

1- Prior Informed Consent (PIC)
2- UNEP

فصل ۵

خلاصه و پیشنهادها

ترفندهای خاص توصیه شده به منظور مهار اثرات رسوبات، کودها و آفت‌کش‌ها بر کیفیت آب در فصل‌های پیشین ذکر گردیدند. در این فصل به منظور نتیجه‌گیری، تعدادی از موضوعات مربوط به کیفیت آب که تأثیر زیاد بر کشاورزی دارند، مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. برخی از این فعالیت‌ها از جمله برآورد هزینه‌های زیست محیطی نشانگر تلاش زیادی است که از طریق آن، بنگاه‌های کشاورزی فعالیت‌های مربوطه را دنبال می‌کنند. دیگر موارد، منعکس‌کنندهٔ ارتباط بین کشاورزی و دیگر اولویت‌های توسعه ملی و موضوعات سیاست‌های متخذه اجتماعی هستند.

آندرئولی در تحلیل خود از تأثیرات کشاورزی بر کیفیت آب در ایالت پارانا در کشور برزیل که توسعه کشاورزی در آن تأثیرات مهمی بر کیفیت آب گذاشته، با بیان یک مجموعه از آموخته‌های نهادی و اثبات شده از ایالت فوق، راهکارهای عمومی زیر را ارائه کرد:

اثرات زیست محیطی بر منابع آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی را نمی‌توان از تأثیرات کشاورزی در مناطق زراعی جدا کرد. این عوامل نیاز به پایش داشته و اقدامات باز دارنده منظم و برنامه‌ریزی شده‌ای مورد نیاز است.

توسعه و اجرای نظام‌های پایش منابع آب به همراه بیان تعریف مشخص برای هر یک از شاخص‌ها، متغیرها، ظرفیت‌ها، تناوب و مکان‌های نمونه‌برداری و ترکیب این اطلاعات با داده‌های کمی، ضروری است.

اطلاعات بدست آمده بایستی که بطور مناسب تنظیم شده و منتشر گردد تا آگاهی و انگیزه عمومی و بخش دولتی را در ارتباط با تأثیرات کشاورزی بر محیط زیست افزایش دهند.

برای تبادل اطلاعات و تجربیات و همکاری بین کشورها باید تلاش‌های لازم را به عمل آورد.

در نظام‌های پیشگیرانهٔ پیشنهاد شده، باید بدنبال راه حل برای پیامدهای نامطلوب بود. راه‌حل‌هایی که مطابق با مدل‌های کشاورزی ارائه شده باشند و نیازهای اجتماعی ـ اقتصادی جامعه را در چارچوب محدودیت‌های زیست محیطی برآورده کنند.

علاوه بر مشکلات بهبود کیفیت آب، مشکلات دیگری ناشی از اختلاف نظر در اجرا نیز نمایان‌اند. در این میان نیاز مبرمی به تلفیق مدیریت کیفیت و کمیت آب در غالب یک سیستم مدیریتی جامع، مرکزی و مشارکتی احساس می‌شود تا پیشرفت‌های منطقه‌ای را با ضوابط زیست محیطی همسو کند.

همکاری بین ارگان‌های نظارتی و مالی که با سموم کشاورزی سر و کار دارند، همراه با ظرفیت ایجاد ساختارهای مراقبت و نظارت، جستجو برای توسعه شاخص‌های زیست شناختی (بیولوژیک) جهت سنجش بقایای سموم و سنجش آناتومی و آسیب‌های بیمار گونه‌ای که توسط سموم کشاورزی پدید می‌آیند، بسیار لازم است.

ضرورت نهادینه کردن هزینه‌ها در سطح مزرعه

موفقیت هر راهبردی که به قصد کاهش اثرات کشاورزی بر کیفیت آب طرح گردیده تنها به قابلیت اجرای آن در سطح مزرعه بستگی دارد. بنابراین اجرای اقدامات کنترلی در سطح مزرعه تنها در صورتی موفقیت‌آمیز است که کشاورز تشخیص دهد که نفع او در انجام اقدامات پیشنهاد شده است. بنابراین سود اقتصادی عواملی مثل کنترل فرسایش برای حفظ حاصلخیزی خاک، هزینه‌های مربوط به حمل و پخش کودها با ضریب ایمنی بالا و غیره باید به وضوح برای کشاورز مشخص باشد. این هزینه‌ها می‌تواند از طریق کاهش مصرف انرژی در سیستم‌های زراعی جدید، بهبود کیفیت خاک از طریق کوددهی پیشرفته و کنترل فرسایش خاک، کاهش هزینه کودها و غیره جبران گردد. این بدین معنی است که بنگاه‌های کشاورزی باید رویکردهای کلان‌نگر در زمینه اقتصاد فعالیت‌های زراعی اتخاذ کنند. شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد که این دیدگاه چه در کشورهای توسعه یافته و چه در کشورهای در

حال توسعه، در مورد کلیه کشاورزانی که به زمین‌هایشان علاقمند هستند قابل اجرا است.

در مواردی که آلودگی جدی آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث بروز اختلاف در خصوص حقابه و مصارف سودمند از آن می‌شود، می‌توان با اتخاذ آمیزه‌ای از روش‌های اجباری و اختیاری، مشکل را کاهش داد. این اقدامات می‌تواند تغییر در مصارف کشاورزی یا مدیریت اراضی و یا ممکنست به معنی بایر گذاشتن کل زمین باشد. اگر سودی از اجرای این اقدامات برای کشاورز حاصل نشود، اقدامات جبرانی از اهمیت زیادی برخوردار می‌گردند. در کشورهای توسعه یافته نیز باید اقدامات جبرانی مناسبی برای کمک به زمین‌داران به صورت پرداخت نقدی یا غیره صورت گیرد. این اقدامات قسمتی از برنامه‌های جبران آلودگی محیط زیست محسوب می‌شود. وضعیت در اتحاد جماهیر شوروی سابق بسیار منحصر به فرد است، تبدیل کشاورزی دولتی به خصوصی نیازمند هزینه‌های اداری و جبرانی است تا برنامه‌های محافظت از کیفیت آب اجرا گردد. در برخی کشورها، هزینه‌های کارگران بدون زمین که در مزارع کار می‌کند و مجبور به ترک شهر و وطن خود هستند نیز باید در برنامه‌های هزینه‌های جبرانی گنجانده شود.

مدیریت منسجم ملی کیفیت آب

نیاز به مدیریت منسجم آب همواره به عنوان یک هدف ملی مطرح بوده است[۱]. از دیدگاه کارشناسان کشاورزی تنها یک دیدگاه منسجم قادر به ارزیابی نقش کشاورزی در برنامه‌های مدیریتی ملی منابع آب است و می‌تواند آن را در مقابل سیاست‌های تصمیم‌گیرنده پراکنده، غیر کارآمد و نارسای جبران کیفیت آب، حفاظت کند. وضعیت فاجعه‌آمیز محیط زیست در بسیاری از کشورهای اروپای شرقی و کشورهایی که به سرعت درحال صنعتی شدن هستند مدارک کافی برای تعیین

۱ - (ICWE، سال ۱۹۹۲، سازمان ملل‌متحد، بانک جهانی ۱۹۹۲، فائو ۱۹۹۴).

سیاست‌های مورد نیاز برای کنترل نقش کشاورزی در چارچوب بزرگتری از مدیریت کیفیت آب را ارائه می‌دهد.

مثال کشور لیتوانی بسیار آموزنده است[۱] موضوعات ۱۷ گانه زیر، اساس سیاست کیفیت آب در کشور لیتوانی را تشکیل می‌دهند.

واضح است که کشاورزی یکی از موضوعاتی است که مواردی مثل کیفیت آب را در برمی‌گیرد. در این فهرست می‌توان به جای پرورش خوک هر گونه دامداری متمرکز دیگری را در کشورهای دیگر جایگزین کرد.

۱- منابع آب زیرزمینی غیر بهداشتی در مناطق روستایی
۲- نیاز به شناسایی و تعیین مناطق حفاظت از منابع آب
۳- فضولات خوک‌داری‌ها مستقیماً به درون منابع آب می‌ریزد، فقدان فن‌آوری مناسب برای حمل فضولات خوک‌داری‌ها.
۴- دیدگاه‌های ناسازگار در مورد الف) کشاورزی متراکم و فشرده ب) حفاظت کیفیت آب در مقابل مواد مغذی و آلاینده‌های شیمیایی
۵- آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از فاضلاب شهری در مناطق کارستی
۶- سیاست‌های استفاده از آب‌های سطحی وابسته به آلودگی و نیاز به رفع آن در دوران کاهش بارندگی است.
۷- عملکردهای مغایر در مورد الف) اعطاء مجوز ب) کنترل کیفیت آفت‌کش‌ها از جانب یک نهاد واحد.
۸- تأمین بودجه و عمل به راهکارهای کنترل فاضلاب شهری براساس استانداردهای «کمیسیون هلسینکی»[۲]
۹- جمع‌آوری رواناب باران و فاضلاب‌های شهری و صنعتی
۱۰-محل‌های دفع زباله‌های جامد که از نظر مدیریتی به خوبی تجهیز نشده‌اند.
۱۱-توجه به تحقق مرحله به مرحله و زمان‌بندی شده استانداردهای فاضلاب‌های صنعتی

۱- (فائو سال ۱۹۹۴)

2- EC-HELCOM

۱۲-نیاز به بررسی عواقب اقتصادی و اجتماعی استاندارد فاضلاب و اهداف کیفیت آب
۱۳-صنعتی که امکان دستیابی به فن‌آوری پاک داشته باشد تا اقدام به دفع زباله نماید.
۱۴-مشکلات اجرایی کنترل فاضلاب‌های شهری مخلوط با فاضلاب‌های صنعتی.
۱۵-دوام سیستم‌های آبیاری محرز نیست، روش‌های جایگزین برای دفع فضولات آبکی خوک‌داری‌ها باید موردشناسایی قرار گیرد. (اشاره دارد به استفاده از فضولات آبکی خوک‌داری‌ها برای آبیاری)
۱۶-حفاظت آب و سیاست‌های عمومی سلامت محیط زیست بطور مداوم صورت نمی‌گیرد و باید به گونه‌ای تغییر یابد تا مسئولیت و خلاقیت فردی در بخش خصوصی ایجاد کنند.
۱۷-مسئولیت، مالکیت و مکانیزم برای مجوز، اعتبارنامه و کنترل آزمایشگاه‌های کیفیت آب مشتمل بر اهدافی مثل اهداف زیست محیطی، بهداشتی، اعمال قانونی و عملی باید تشریح شوند.

تنها مواردی که باید به این فهرست اضافه شوند عبارتند از مدیریت پیشرفته کنترل آفت‌کش‌ها و کودها به خصوص استفاده بهینه از فضولات حیوانی و حفظ محیط زیست (از جمله کیفیت آب) و سلامت انسان با استفاده درست از آفت‌کش‌ها، در کشورهای دیگر با آب و هوا و شرایط توپوگرافی مختلف، موارد دیگری نیز باید مورد نظر قرار گیرند:

- کنترل فرسایش
- تأثیرات آبزی‌پروری
- تأثیرات جنگل‌زدایی
- مدیریت اراضی آبی
- کنترل و مدیریت آفت‌کش‌ها (ورود، ساخت، فروش و کاربرد و امحاء)
- مدیریت پرورش ماهی و برنج
- مدیریت آبیاری

روش‌شناسی ارزیابی

در فصل ۱ این موضوع مورد بحث قرار گرفت که معضل کلی در کنترل و مدیریت کیفیت آب حوضه رودخانه‌ها مشکل برآورد مقدار تأثیر کشاورزی در کیفیت آب است بنابراین این راه کارهای ارزیابی اثرات کشاورزی بر کیفیت آب به دو دسته زیر تقسیم می‌شوند:

یکی در سطح مزرعه و دیگری در سطح حوضه آبخیز رودخانه‌ها، ارزیابی و تصمیم‌گیری‌ها در این دو مقیاس اساساً متفاوت هستند.

در سطح مزرعه، ارزیابی و تصمیم‌گیری‌هایی مطرح هستند که در مزرعه قابل اجرا می‌باشند. سودهای کلان معمولاً در مقیاس‌های وسیع کشاورزی مشهود هستند. ولی هدف در اینجا اتخاذ تصمیماتی است که برای کشاورز قابل انجام و دارای صرفه اقتصادی باشند. کاربر در مقیاس حوضه آبخیز رودخانه‌ای، بنگاه‌های منطقه‌ای یا ملی است که باید تأثیرات کشاورزی در آلودگی آب رودخانه‌ها و گزینه‌های مدیریتی برای کنترل منابع آلاینده متمرکز و نامتمرکز را مورد ارزیابی قرار دهد، به گونه‌ای که در قسمت‌های مختلف حوضه رودخانه با کمترین هزینه، بیشترین تاثیر را داشته باشند. بنابراین ارزیابی در سطح حوضه رودخانه بسیار ضروری و مقرون به صرفه است، این امر به خصوص در بکارگیری برنامه‌های کنترلی طراحی شده براساس سیاست‌های ملی کنترل آلودگی آب، مهم است. ابزارهای ارزیابی اثرات کشاورزی کاملاً شناخته شده هستند با این وجود نیاز است که آنها در قالب روشی فراگیر، نظام‌مند گردند و با دانش نوین شیمی محیط زیست و یافته‌های جدید در زمینه فن‌آوری اطلاعات تلفیق شوند. همچنین روشی مورد نیاز است که در دو سطح مورد نظر قرار گیرد: الف) در رده بررسی اولیه که در آن ارزیابی سریع و پیش‌بینی تقریبی تأثیرات احتمالی، با بهره‌گیری از اطلاعات سهل‌الوصول ممکن باشد، و ب) در رده بررسی دقیق جهت کاربرد در مطالعات جامع به منظور توسعه راه کارهای بازسازی و احیا.

در مقیاس‌های کوچک (مزرعه یا حوضه کوچک) اقداماتی در پیش‌بینی نوع فرسایش حاصل از کشاورزی و تلفات برخاسته از آن در زمینه مواد مغذی، رسوبات

و آفت‌کش‌ها بسیار مهم است، تا از آن طریق متخصصین کشاورزی بتوانند تأثیرات احتمالی محصولات مختلف و گزینه‌های مربوط به مدیریت اراضی را مورد شناسایی قرار دهند. جدول شماره (۱۳)، شماری از مدل‌های مختلف مورد استفاده در مقاصد ارزیابی کشاورزی را نشان می‌دهد. متخصصین، استفاده از یک یا چند مدل طراحی شده برای استفاده در کشورهای در حال توسعه را پیشنهاد می‌کنند تا از طریق آن بتوان اتلاف مواد شیمیایی و فرسایش در مقیاس مزرعه را برآورد کرد. از مشخصات مدل‌های مناسب می‌توان این موارد را ذکر کرد که نباید به اطلاعات بسیار وسیع وابسته باشد، باید در طول کلیه فصول قابل اجرا باشد و به سادگی بتوان آن را در مناطق مختلف اجرا کرد. چنین مدل‌هایی باید توسط ارگان‌های کشاورزی ملی تنظیم و تدقیق شوند، تا از درستی آنها اطمینان حاصل گردد.

در مقیاس وسیع (زیر حوضه‌ای، حوضه‌ای و منطقه‌ای) همانطور که در فصل ۳ اشاره شد، نیاز مبرمی به طراحی اسلوب‌های ساده برای تخمین فرسایش در مقیاس حوضه رودخانه احساس می‌شود. علاوه بر این باید راه کارهای مدون و منظمی طراحی گردد تا امکان سنجش اثرات کشاورزی بر کیفیت آب در مقایسه با منابع آلاینده دیگر بوجود آید. یکی از راهکارهای موجود، ترکیب روش ارزیابی سریع سازمان بهداشت جهانی[1] (که در آن کانون‌های متمرکز آلودگی سریعاً فهرست‌برداری و دسته‌بندی می‌شوند) با یک روش ارزیابی کانون‌های آلاینده نامتمرکز (از نوع مدل‌های پردازشی) می‌باشد، که هردو در یک سامانه کارشناسی مبتنی بر داده‌های زمینی مورد عمل قرار می‌گیرند.

ظرفیت زیست محیطی

"گروه مشترک متخصصین علمی آلودگی‌های دریایی"[2] در سال ۱۹۸۶ اصطلاح ظرفیت زیست محیطی را به شرح زیر تعریف می‌کند:

1- Economopoulos, WHO 1993
2- GESAMP

توانایی یک سیستم پذیرنده یا یک زیست بوم برای تاب آوردن غلظت یا میزان مشخصی از زائدات بدون اینکه دچار آسیب‌دیدگی جدی شود. تمام فعالیت‌ها از جمله کشاورزی دارای تأثیراتی بر کیفیت آب است. موضوع اصلی این است که آیا این تأثیر از آستانه‌ای که از لحاظ اجتماعی، اقتصادی یا فرهنگی غیر قابل قبول است تجاوز می‌کند یا خیر. آنچه از نظر علمی بیشتر شناخته شده عبارتست از: آهنگ پذیرش، میزان رقیق‌سازی، تلفات از طریق تبخیر و غیره برآورد مقادیر آستانه مستلزم دستیابی به اطلاعات علمی و در عین حال اطلاعات فرهنگی و اجتماعی ـ اقتصادی است. براساس نظریه "گروه مشترک متخصصین علمی آلودگی‌های دریایی" این امر در حیطه یک راهبرد مدیریتی زیست محیطی فعال، کاملاً کارآمد است،[1]

در مورد کشاورزی نیاز به برآورد ظرفیت‌های زیست محیطی برای مواد فرسایش یافته و شستشو شده گوناگون در مقیاس محلی وجود دارد. تعیین آستانه‌های قابل قبول می‌تواند از طریق بکارگیری سیستمی کارشناسی که خزانه اطلاعات آن دربرگیرنده کلیه مشخصه‌های علمی مرتبط است، انجام گیرد. تصمیمات متخذه در مورد مقادیر آستانه به صورت یک مجموعه راهکارهایی که می‌توانند براساس اطلاعات مربوط به شرایط محلی گزینش شوند، مورد ارزشیابی قرار می‌گیرند.

مشکلات جمع‌آوری اطلاعات در زمینه کیفیت آب

آ) برنامه‌های اطلاعاتی: همانطور که در فصل ۱ ذکر شد اطلاعات مورد نیاز برای چنین ارزیابی معمولاً از طریق‌برنامه‌های متداول پایش کیفیت آب بدست نمی‌آیند. با این وجود، فنون جدیدی در شیمی محیط زیست و سم‌شناسی وجود دارد که راه را برای تعیین طبیعت و سرچشمه مشکلات کیفی آب به گونه‌ای مقرون به صرفه باز می‌کند. این فنون از اندازه‌گیری‌های فیزیکی ـ شیمیایی متداول که در اغلب برنامه‌های کیفیت آب بکار می‌روند، کارآمدتر هستند. "آپلگرن" در سال ۱۹۹۴ در ارزیابی که در

1- Barg, 1992

مورد سیاست‌های مورد نیاز منابع آب لیتوانی، (کشوری که از خیلی جهات شبیه کشورهای تازه استقلال یافته اتحاد جماهیر شوروی است)، انجام داد، لزوم تقویت پایش کیفی آب و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به منابع آب را مورد تأکید قرار داد.

چارچوب کارهای توجیه‌پذیر اقتصادی در زمینه بهبود سنجش کیفیت آب به قرار زیر است:

- کاهش شبکه‌های پایش ایستگاهی ثابت و گسترش روش کاوشگرانه در سنجش کیفیت آب
- دستیابی به موازنه‌ای بهتر میان نمونه‌برداری از آب (شیوه‌ای سنتی) و نمونه‌برداری از محیط‌های دیگر مثل نمونه‌برداری از رسوبات معلق در آب و تلفیق نتایج حاصله. لازم به تذکر است که آلاینده‌های آبگریز (هیدروفوبیک) مثل ترکیبات آلی کلردار که در بسیاری از آفت‌کش‌های قدیمی مثل هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک[1] و پلی کلرو بی فنیل‌ها[2] وجود دارند، اثر ناچیزی از خود در آب نشان می‌دهند ولی به راحتی در رسوبات جامد قابل اندازه‌گیری و مشاهده هستند. همچنین داوری‌های مدیریتی مبنی بر سمیت و وجود یا فقدان اثرات زیست محیطی و یا بهداشتی- انسانی در زمینه شیمی محیط‌های آبی معمولاً اگر تنها از طریق تجزیه نمونه‌های آب صورت گیرد، دارای درصد خطای بالایی خواهد بود.
- بکارگیری "پایش اثرات زیست محیطی"[3] برای کاهش نقش شیمی تحلیلی و افزایش اطلاعات مربوط به محیط زیست به منظور تصمیم‌گیری پایش اثرات زیست محیطی عموماً شامل ارزیابی‌های همزمان، از طریق فنون کاوش بیولوژیکی، ارزیابی منابع آب را انجام می‌دهند. منطقی که در پس این فن وجود دارد اینست که اگر آلودگی آب وجود داشته باشد می‌توان آنرا در موجودات زنده آن مکان مشاهده کرد[4]. کشورهای کانادا و امریکا در جهت

1- PAH
2- PCBs
3- Environmental Effects Monitoring (EEM)
4- Smith-Metcalfe , Reynodlson

استفاده از اهداف مبتنی بر زیست‌شناسی برای کنترل کیفیت آب دریاچه‌های بزرگ به توافق رسیده‌اند. این فنون می‌توانند در کشورهای در حال توسعه بسیار مفید باشند چرا که برای انجامشان بیشتر به نیروی انسانی نیاز است تا به سرمایه. پایش اثرات زیست محیطی، اتکا به شیمی آزمایشگاهی را که نیازمند بکارگیری دوره‌های آموزشی بلند مدت و سرمایه‌های زیاد می‌باشد، کاهش داده است. این پایش می‌تواند در برگیرنده بسیاری از معیارهای سنجش زیست شناختی همچون سلامت ماهی‌ها، باروری، توان دفاع ایمنی بدن و غیره باشد. بسیاری از این آزمایش‌ها ساده و ارزان هستند.

به جز در مواردی که سنجش‌های خاص شیمیایی دارای توجیه است از فنون پیشرفته جداسازی و پردازش که نشانگر وجود مواد شیمیایی و یا تأثیرات آنهاست استفاده شود. فن‌های جداسازی طوری طراحی شده‌اند تا اطلاعات سریع را فراهم آورده و نشان دهد که کجا باید از شیمی و ابزارهای گرانقیمت آن استفاده کرد. فنون جداسازی با حذف نگرش پرتکلف به شیمی محیط زیست که در آن تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی به دلیل هزینه‌های گران محدود است، بر پارامترهای از پیش تعیین شده شیمیایی تکیه می‌کنند. تجربه نشان داده است که فهرست‌های شلوغ و پر تعداد از شاخص‌های شیمیایی در تحقیق بر روی آلاینده‌های محیط زیست از ارزش بالایی برخوردار نیستند. ابزارهای جداسازی شامل انواع فعالیت‌های زیر است:

- سنجش‌های زیست شناختی آزمایشگاهی استاندارد شده
- سنجش توان دفاع ایمنی موجودات زنده
- ارزیابی سلامت ماهی‌ها از روی نسبت گلبول‌های قرمز و سفید، وجود جلبک یا ماده لزج بر روی بدن، آبشش‌ها و غیره
- استفاده از اندازه‌گیری آنزیم‌ها تا مشخص شود آیا ماهی در معرض مواد شیمیایی سمی بوده یا خیر
- اندازه‌گیری کل کلرین (نشانگر کل ترکیبات کلردار)
- ارزیابی تعیین نوع سمیت

ب) بسیج اطلاعات: لازم است که کارشناسان کشاورزی بتوانند تأثیرات کشاورزی بر کیفیت آب را در مقیاس وسیع در ارتباط با دیگر منابع بالقوه‌ای که در تنزل کیفیت آب مؤثراند، مورد ارزیابی قرار دهند. این امر مستلزم جمع‌آوری اطلاعات پایشی متداول در مورد مواد مغذی، شوری، رسوبات، ذرات معلق و قرار دادن آن در یک نظام اطلاعاتی واحد است تا بتوان به روند تغییر کیفیت آب در حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها و حمل رسوبات ناشی از منابع متمرکز و نامتمرکز و شاخص‌های کلی کاربری اراضی، توپوگرافی، خاک و آب و هوا پی برد. این امر در حال حاضر در بسیاری از کشورها انجام نمی‌گیرد و حاکی از وجود مشکلات اداری و داخلی و فقدان نرم‌افزارهای مناسب است. باید اقدامات لازم برای جمع‌آوری اطلاعات با ضریب خطای کم، انجام گردد. تحلیل اطلاعات موجود موجب می‌شود که سریعاً خلاءهای اطلاعاتی و پارامترهای غیر قابل اطمینان و پارامترهایی که عملکرد مفیدی ندارند، مورد شناسایی قرار گیرند.

شاخص‌های کیفیت آب برای کاربرد در زمینه کیفیت آب کشاورزی

شاخص‌های کیفیت آب عبارتند از دو یا چند پارامتر که نشانگر سلامت آب هستند. در بعضی موارد، این شاخص‌ها بیانگر رفتار زیست بوم و در بعضی موارد نشانگر شرایط محیط زیست آبی (مثل سمی بودن) هستند. این شاخص‌ها عموماً به منظور ارزیابی عملکردهای غلط زیست بوم هستند و دیدگاهی در مورد منابع آلاینده و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای کنترل منابع فراهم می‌آورند. این شاخص‌ها معمولاً به منظور مقایسه‌های توصیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً بطور مستقیم برای مدیریت میدانی کیفیت آب بکار نمی‌روند. بنابراین شاخص‌هایی مورد نیاز هستند که بتوان از طریق آنها ارزیابی سریعی از تأثیرات فرسایش و شستشوی کشاورزی به عمل آورد و بتوان آنها را برای تعیین سطح و مقدار این تأثیرات در فضا و زمان به عنوان مبنایی برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی مربوط به نیازهای کنترلی بکار گرفت. در این حال زمینه بالقوه‌ای برای طرح شاخص‌های مرتبط با

تأثیرات کیفیت آب بر عوامل اقتصادی مربوط به عواقب منابع مختلف به عنوان راهی برای ارزیابی تأثیرات اقتصادی فرسایش کشاورزی محیا می‌شود.

در حال حاضر شاخص‌های کیفیت آب از قرار زیر هستند:

آ) شاخص‌های عددی بر مبنای شیمی عمومی آب: شاخص‌های زیادی وجود دارند که حاصل تلفیق انواع سنجش‌های شیمیایی انجام شده در مورد کیفیت آب هستند. این شاخص‌ها عموماً شامل مواد مغذی، شوری، میکروبیولوژی، اکسیژن محلول و گاهی فلزات هستند و اکثراً به عنوان ابزارهای توصیفی و برای ارزیابی نواحی قابل دسترس رودخانه‌ها بکار می‌روند. شاخص‌های کارآمد معمولاً تعداد محدودی از پارامترها را در برمی‌گیرند و تنها یکی از اثرات آلاینده آب را مورد بحث قرار می‌دهند. کاملترین مرجع موجود گزارشی است به زبان هلندی که توسط "ریزا"[1] در مورد شاخص‌های شیمیایی تهیه گردیده است.

ب) شاخص‌های اثرات: انواع مختلفی از نشانگرهای اثرات وجود دارند که در یک شاخص جمع‌آوری شده‌اند. این شاخص‌ها معمولاً عبارتند از مقادیر واکنش‌های بیولوژیکی نسبت به آلاینده‌های آب، بسیاری از آنها به عنوان ابزارهای جداسازی و تفکیک استفاده میشوند که در حل مشکلات مربوط به ماهیت و تراکم آلاینده‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند این نشانگرها عبارتند از:

ـ ارزیابی زیستی (بیولوژیک): که عبارتست از یک سیستم نمره‌دهی بر پایه عملکرد تعدادی از آزمون‌های آزمایشگاهی استاندارد و با استفاده از گونه‌هایی از جانداران که نسبت به آلاینده خاصی حساسیت از خود نشان می‌دهند و شاخصی از درجات متفاوت آلودگی هستند (مثل باکتری، قارچ، بی‌مهره‌گان، مهرداران) این گونه آزمایش‌ها بر روی اثرات سمیت تاکید دارد[2].

ـ شاخص‌های حیاتی: انواع گوناگونی از شاخص‌های حیاتی استاندارد وجود دارند که معمولاً در اروپا برای مدیریت و ارزیابی کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شاخص‌ها عموماً از اجتماعات جانداران آبزی بستر رودخانه‌ها و نهرها بدست آمده و توسعه یافته‌اند. شاخص مورد نظر نشان‌دهنده ماهیت پاسخ این جانداران به

1- Riza, Netherlands , 1994
2- Keddy et al., 1994

آلاینده‌های آلی (مثل فاضلاب‌های شهری) است این روش در اندازه‌گیری مواد سمی موفقیت زیادی در پی ندارد. مطالب زیادی در مورد این گونه شاخص‌ها به رشته تحریر درآمده است[1].

ـ **نشانگرهای زیست بوم**: در حال حاضر توجه فزاینده‌ای به نشانگرهایی که بیانگر نحوه پاسخگویی زیست بوم‌ها به تنش‌های فیزیکی و شیمیایی هستند مبذول شده است، این نشانگرها می‌توانند طیف وسیعی از اقدامات بوم شناختی (مثل اقدام در مورد ماهی‌ها، جانداران بستر آب‌ها، موجودات بومی منطقه و غیره) را در برگیرند. مفید بودن این فن به عنوان ابزاری برای پایه‌گذاری معیارهایی که براساس آنها، مدیران بتوانند موفقیت خود در انجام اقدامات جبرانی را بسنجند، ثابت شده است. از این روش در کشورهای انگلستان، کانادا و استرالیا نیز استفاده شده است[2].

ـ **دیگر شاخص‌های اثرات**: تعداد زیادی شاخص‌های مختلف برای ارزیابی تنش‌های حاصل از مواد مغذی یا مواد سمی وجود دارند. بسیاری از این مواد در بدن ماهی‌ها ذخیره شده و تأثیرات خود را بر سلامت انسان‌ها وارد می‌سازند. این شاخص‌ها در برگیرنده موارد زیر هستند:

- ارزیابی سلامت ماهی‌ها با استفاده از بافت‌شناسی (مثل نسبت سلول‌های سفید به قرمز) و آسیب‌شناسی (مثل اندازه وشکل ظاهری اعضاء)
- وجود یا فقدان مواد ثانوی (متابولیت‌های) آلاینده در جگر، صفرا و دیگر اعضای بدن ماهی‌ها
- وجود آنزیم‌ها به عنوان بخشی از فرایند خنثی‌سازی سموم در موجودات زنده (مثلاً اندازه‌گیری میزان در معرض بودن ماهی‌ها به مواد شیمیایی سمی)

پ) نشانگرهای شیمیایی: این شاخص‌ها شامل شکل تلفیقی (و معمولاً ساده شده) تأثیرات شیمیایی ترکیبات هستند. مثلاً اندازه‌گیری بقایای کلر به عنوان معیاری برای تعیین کل ماده کلر در ستون آب در حوضه رودخانه به حساب می‌آید. "نقاط حاد" در

1- Reynoldson and Metcalfe-Smith, 1992
2- Reynoldson et al. , 1995

حوضه رودخانه نشانگر نواحی بالقوه مشکل‌دار در منطقه است. هدف چنین راه‌هایی، استفاده از اقدامات ساده و ارزان برای پی بردن به وجود مشکلات و کمک گرفتن برای اتخاذ تصمیمات جهت اولویت‌بندی اندازه‌گیری‌های (گران‌قیمت) شیمیایی در آینده است.

نکته کلی: بسیاری از این فنون نیازمند سرمایه‌گذاری اولیه کمتر و ارائه‌دهنده اطلاعات مفیدتری نسبت به روش‌های متداول شیمی آب هستند و امکان اجرای آنها در کشورهای در حال توسعه که نوعاً ظرفیت خوبی برای دانش زیست‌شناسی و امکانات کمی برای شیمی زیست محیطی پیشرفته دارند، فراهم‌تر است. چنین شاخص‌هایی نیازمند ایجاد تغییرات در الگوهای اطلاعاتی هستند که در اسلوب‌های شیمیایی و روش‌های ارزیابی کیفیت آب در کشورهای غربی استفاده می‌شود.

تحلیل اقتصادی هزینه‌های مربوط به آلاینده‌های آب ناشی از کشاورزی

از آنجا که آلودگی آب ناشی از کشاورزی از طبیعت یک کانون نامتمرکز برخورداست، اندازه‌گیری آلاینده‌ها و تأثیرات آنها دشوارتر از منابع متمرکز است. با این وجود، تقاضای فزاینده دنیا به منابع آب شیرین با کیفیت مناسب، ایجاب می‌کند که کشورها یک نگرش کلی نسبت به مدیریت منابع آب اتخاذ کنند. کنترل آلودگی در حال حاضر آنقدر گران است که تصمیمات مربوط به اولویت‌بندی مدیریت منابع باید همراه با دانش کامل نسبت به هزینه‌های مربوط به آلودگی آب و تأثیر آن بر بخش‌های مختلف اقتصادی باشد. این هزینه‌ها به دو قسم هستند: اولی عبارتست از هزینه مستقیم تأمین آب با حداقل کیفیت استاندارد مورد نیاز برای مصارف مختلف؛ و دوم، هزینه فرصت‌های اقتصادی از دست رفته ناشی از کیفیت پایین آب، مانند کاهش بازده محصولات به علت غلظت بالای نمک در آبیاری، کاهش عملکرد پرورش ماهی به علت نقایص رشد و تولید مثل ناشی از مواد شیمیایی سمی تنها با داشتن هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم و با ارزیابی این هزینه‌ها در بخش‌های مختلف اقتصادی (از جمله کشاورزی) است که می‌توان به هزینه‌های واقعی کشاورزی و مقایسه‌آن با بخش‌های دیگر پی برد.

فن‌آوری اطلاعات و تصمیم‌گیری

یکی از امتیازات فن‌آوری اطلاعات، امکان دستیابی به اطلاعات الکترونیکی، متون، نمونه‌برداری و دیگر داده‌ها از تعداد بی‌شماری از مکان‌های دنیاست. قبلاً در فصل چهارم مثالی در مورد اطلاعات درباره آفت‌کش‌ها ارائه شد. نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای بسیار زیادی (مثل شبکه جهانی اینترنت) در حال حاضر به این امر اختصاص داده شده‌اند، به گونه‌ای که حجم بالای اطلاعات موجود، به صورت یک مشکل پدیدار شده است. با وجود این، در حالیکه این نوع فن‌آوری اطلاعات، به عنوان انقلابی در اطلاعات در دنیا مطرح است، این تنها یکی از ابعاد موضوع است. بعد دوم مربوط به مشکلات بوجود آمده ناشی از این سهولت در دستیابی به اطلاعات است. از جمله این مشکلات، فقدان کنترل کیفی اطلاعات و دیگر فنون پالایش اطلاعاتی برای تعریف مشخصه‌های مربوط به اطلاعات مورد نیاز است. مشکل دیگر این است که با چنین حجم بالای اطلاعات چه باید کرد و چگونه باید از آن برای مقاصد تصمیم‌گیری استفاده کرد. در حقیقت امروزه مسئله بر سر بدست آوردن اطلاعات نیست بلکه بر سر منسجم کردن ونظم دادن به آن برای مقاصد تصمیم‌گیری درباره پروژه‌های به خصوص و مشکلات کلی کشاورزی و مدیریت کنترل کیفی آب است.

امروزه از فن‌آوری اطلاعات به صورت متداول در راه‌های زیر استفاده می‌گردد:

آ ـ سامانه‌های اطلاعاتی: سامانه‌هایی که به کاربر می‌گویند چه اطلاعاتی در سیستم موجود است و کجا می‌توان آنها را یافت. این سامانه‌ها می‌توانند در سطح شبکه‌های داخلی سازمان‌ها و یا از طریق صفحه خانگی[1] یک سازمان یا نهاد در اینترنت اجرا شوند. "هایپرتکست" اینترنت به عنوان قسمتی از این سامانه می‌تواند دسترسی به اطلاعات مورد نظر را بدون در نظر گرفتن اینکه اطلاعات مورد نظر ممکن است در کجای دنیا باشد سریعاً امکان‌پذیر نماید.

ب–نرم‌افزار تلفیق‌کننده: نرم‌افزاری است که مجموعه‌ای از ابزارهای تلفیق شده (شامل ترسیم نقشه، آمار، نمودار و اشکال، پوسته‌های تخصصی نرم‌افزاری و غیره) را در بر می‌گیرد و به کاربر اجازه می‌دهد که برای مقاصد مورد نظر خویش به انواع

1- Home page

داده‌ها، مدل‌ها، متون، تصاویر و فیلم‌ها دسترسی یابد، آنها را کنار هم سوار کند و استفاده نماید. از آنجا که برخی سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) تا حدودی از این توانائی‌ها را در اختیار دارند، برخی دیگر از سامانه‌های کاملاً پیشرفته همچون "نرم‌افزار زیست محیطی کانادا (ریسون)[1]" ویژه چنین اهدافی طراحی شده‌اند.

پ- نرم‌افزارهای مشاور: برنامه‌های رایانه‌ای تخصصی برای ارائه خدمات مشاوره به کاربران طراحی شده‌اند. دامنه این برنامه‌ها بسیار وسیع است و می‌تواند از برنامه‌های ساده‌ای که تنها یک وضعیت خاص را در نظر می‌گیرند و به کاربر ارائه می‌دهند، تا برنامه‌هایی که کاملترین فن‌آوری‌های اطلاعاتی را بکار می‌برند، تغییر نماید، از جمله این فن‌آوری‌ها می‌توان سامانه‌های متخصص (متکی بر دانش فنی)، شبکه‌های عصبی (خودآموزنده) و منطق فازی[2] (عدم قطعیت) را نام برد،

این فن‌آوری‌ها به نحو فزاینده‌ای در نرم‌افزارهای پیچیده به عنوان پشتیبان تصمیم‌گیری‌ها بکار می‌روند. هرچند که این فن‌آوری های پیشرفته از چشم کاربر پنهان مانده‌اند، اما اغلب امکان تحلیل شرایط نامشخص و غیر قطعی را فراهم می‌سازند و برای کاربر بسیار مفید واقع می‌شوند، فن‌آوری برنامه‌های مشاور، بسیاری از فنون همانند را به عنوان سامانه‌های اطلاعاتی را بکار می‌گیرد تا کاربر را به منابع اطلاعاتی فزون‌تری که در شبکه اینترنت وجود دارند، راهنمایی کند، دیگر برنامه‌های مشاور، از نظر داده‌ها و اطلاعات خودکفا هستند و بر داده‌های مناسبی که توسط کاربر به آنها وارد می‌شود، متکی می‌باشند، مثالی از این مورد در زیر ارائه شده است:

یکی از نقش‌های ویژه برنامه‌های مشاور، در زمینه ابزارهای تفکیک و پردازش[3] است. به عنوان نمونه، برنامه "اکسپرس" یک ابزار پردازش و تفکیک اطلاعات است که اغلب با استفاده از داده‌های محدود، رویکردی هماهنگ و استوار برای قضاوت‌های تقریبی نخستین فراهم می‌نماید. ابزارهای پردازش، خواه بر سامانه‌های اطلاعات متکی باشند و خواه بر سنجش‌های شیمیایی و زیست شناختی (همچنانکه در آغاز

1- Environment Canada's RAISON
2- Fuzzy logic
3- Screening Tools

این فصل عنوان شد)، به کاربر کمک می‌کنند تا در مواقع لازم نسبت به یک موضوع توجه بیشتری نماید. برای مثال، برای یک ارزیابی سریع جهت برآورد قابلیت توسعه یک طرح آبیاری، یک ابزار پردازشی می‌تواند بکار گرفته شود. ابزار پردازشی، یک برآورد اولیه از قابلیت‌ها (از جمله اثرات بالقوه) تهیه نموده و موضوعات و مواردی را که مبهم باقیمانده‌اند، و آنهایی که نیاز به بررسی بیشتری دارند، مشخص می‌نماید تا پس از آن بتوان تصمیم بهتری گرفت. این ابزار به ویژه برای افراد غیر متخصص خیلی مفید است و در بسیاری مواقع می‌تواند در زمان و هزینه صرفه‌جویی کند، زیرا نیاز به اعزام کارشناسان آبیاری با تخصص‌های گوناگون را به محل‌های مختلف برطرف می‌نماید. از سوی دیگر، ابزار پردازش می‌تواند به وسیله فراهم نمودن مبانی اطلاعات و دانش فنی در زمینه‌های تخصصی گوناگون در قالب گنجینه‌های اطلاعاتی نهفته در برنامه‌های رایانه‌ای خود، به یک کارشناس منفرد کمک نماید.

برنامه‌های مشاور، همچنین می‌توانند در شرایطی که نهادها بایستی پیوسته پاسخگوی موضوعات فنی باشند، به صرفه‌جویی در نیروی انسانی بیانجامند با ذخیره کردن دانش فنی متخصصین در زمینه‌های مورد نظر، در یک رایانه، پاسخ‌ها و نتایج روزمره می‌توانند به وسیله یک منشی تهیه شوند و بدین ترتیب وقت گرانبهای کارشناسان متخصص آزاد خواهد شد.

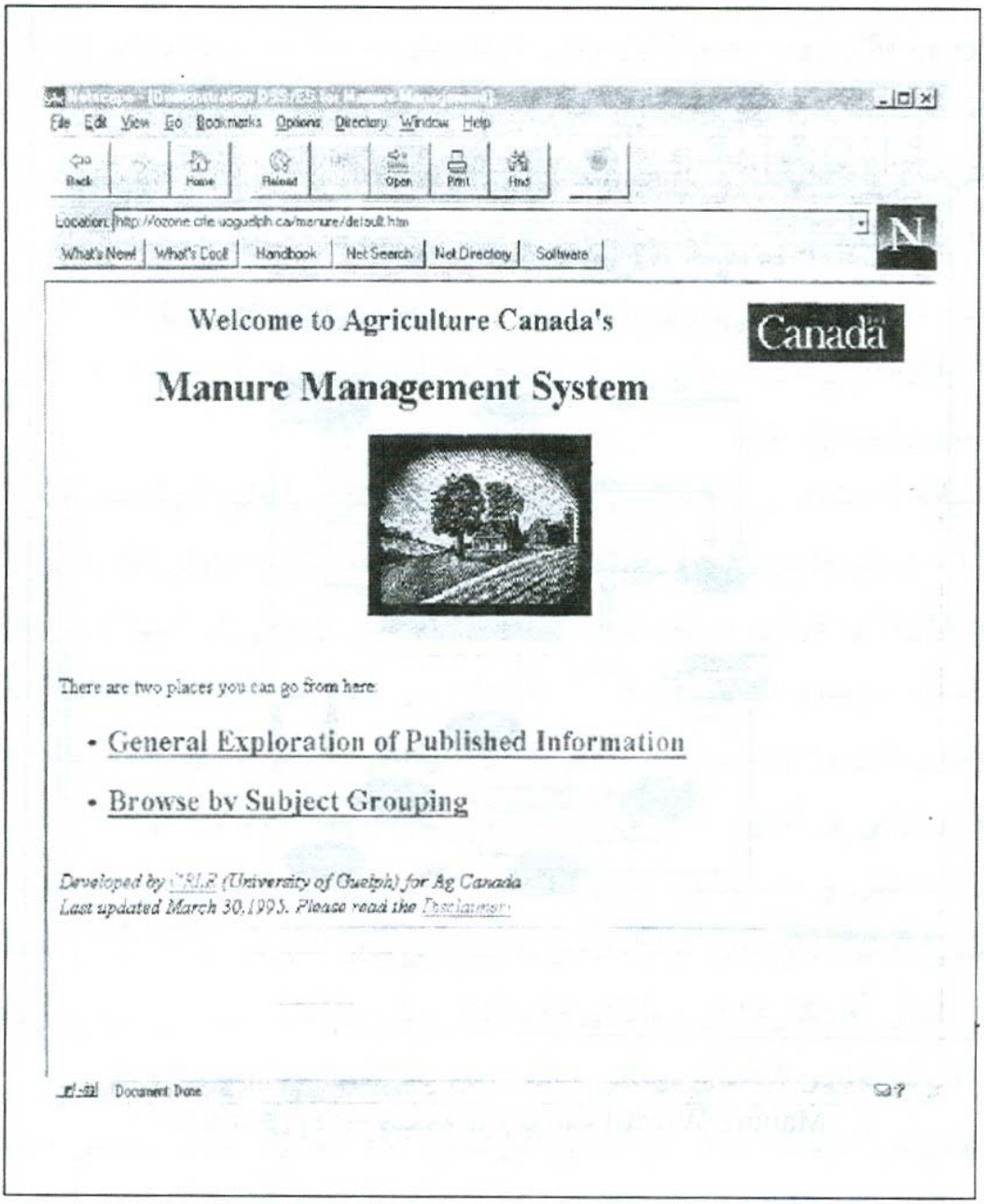
نمونه‌هایی از برنامه‌های مشاور در زمینه کیفیت آب: دو مثال زیر، نمایانگر نمونه‌هایی از برنامه‌های مشاور هستند که مشکلات کیفی آب در کشاورزی را منعکس می‌کنند، نخستین نمونه، یک سامانه مدیریت کود بنام "**مانیور ویزارد**[1](اعجاز در کود)" یک سامانه اطلاعات است که نه تنها به تصمیم‌گیری کمک می‌کند، بلکه به کاربر امکان می‌دهد که منابع اطلاعاتی دیگر را برای آگاهی از تصمیم‌های توصیه شده کاوش نماید. دومین نمونه، "اکسپرس" یک برناه خودکفا است که به کاربر امکان کاوش برای قابلیت (پتانسیل) آلودگی آب‌های زیرزمینی کم عمق به وسیله آفت‌کش‌ها را می‌دهد و اینکار با استفاده از مدل‌ها و گنجینه‌های اطلاعاتی آفت‌کش‌ها که از پیش در نرم‌افزار نهاده شده، انجام می‌پذیرد،

1- Manure Wizard

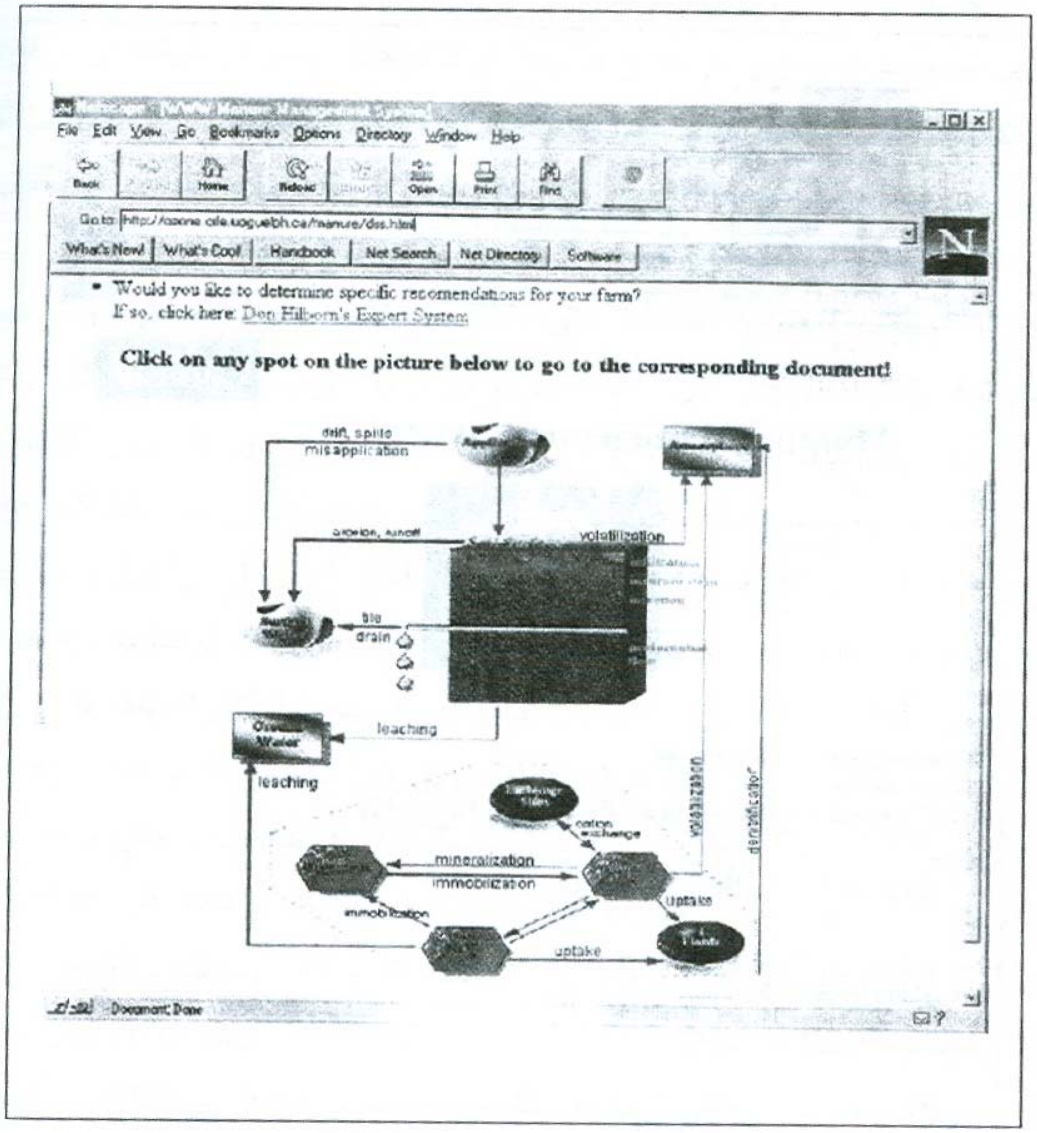
آ) مانیور ویزارد

اساس مدیریت کوددهی در سطح مزرعه، از مشکلات ناشی از اثرات آن بر کیفیت آب شده است. مدیریت کوددهی اغلی پیچیده بوده و تصمیماتی را درباره شیمی کود، نوع حیوانات، پیش‌بینی کمیت، اقتصاد نگهداری کود، گزینه‌های مختلف دفع، پخش بر روی زمین در شرایط مختلف خاک، شیب زمین و نوع محصول و غیره، در بر می‌گیرد. از آنجا که مدیریت کوددهی توان بالقوه بالایی برای آلایندگی، و از سوی دیگر هزینه‌های قابل توجهی در سطح مزرعه برای نگهداری و دفع دارد، این برنامه رایانه‌ای، بیشترین اطلاعات ممکن را در اختیار کشاورز می‌نهد تا میان راهکارهای پیش روی خود، تصمیمی آگاهانه اتخاذ کند. این برنامه مشاور در دانشگاه گوئلف کانادا تهیه شده و به کشاورز اجازه می‌دهد تا سامانه اطلاعاتی را برای هر یک از جنبه‌های مدیریت کوددهی، در شرایط متفاوت کشت که در ایالت اونتاریو رخ می‌دهد، جستجو نماید. این سامانه دارای متن‌های مرتبط و همچنین امکان ارتباط دادن کاربر به دیگر منابع اطلاعات و اسناد مربوطه از طریق اینترنت می‌باشد. این برنامه یک مبانی علمی دارد که به کشاورز در رسیدن به یک راه حل مناسب و مقرون به صرفه در مدیریت کوددهی یاری می‌رساند. مبانی علمی این برنامه از قضاوت‌های کارشناسان خبره در زمینه‌های مربوطه تشکیل شده که در بخش گنجینه (بانک) اطلاعاتی برنامه گنجانده شده‌اند و سپس به تناسب مشکل کاربر، در اختیار او قرار می‌گیرند. برنامه "مانیور ویزارد" پس از یک بار نصب و راه‌اندازی، اطلاعات گشترده و نظام‌مندی را برای تصمیم‌گیری در اختیار کشاورز می‌گذارد و به مهارت‌های رایانه‌ای از سوی کاربر نیاز ندارد.

شکل (۱۴) تصاویر دو صفحه نخست این برنامه را که بر روی صفحه نمایشگر رایانه ظاهر می‌شود، نمایش می‌دهد. هر تصویر، کاربر را به وسیله مجموعه‌ای از پرسش‌ها راهنمایی کرده و رهنمودهایی را در زمینه‌های مرتبط با مدیریت کوددهی ارائه می‌دهد. با استفاده از مسیرهای ارتباطی "هایپرتکست"، کاربر می‌تواند واژه‌ها، عبارت‌ها، عناوین یا زمینه‌های خاصی را که بر روی صفحه پدیدار می‌شوند، کاوش نماید. "هایپرتکست" سپس بلافاصله کاربر را به بخش مربوطه در گنجینه اطلاعاتی برنامه پیوند داده یا بطور خودکار او را به منابع اطلاعاتی خارج از رایانه مرتبط می‌کند.



شکل (۱٤)- نمونه صفحات اول و دوم برنامه Manure Wizard بر روی صفحه کامپیوتر، مندرجات این صفحات از طریق مجموعه‌ای از پرسش‌های طرح شده، کاربر را راهنمایی و یاری می‌کنند تا بهترین تصمیم را از دیدگاه سودمندی و هزینه‌های اقتصادی جهت مدیریت فضولات دامی، اتخاذ کند.



ادامه شکل (۱٤)- صفحه دوم برنامه Manure Wizard

ب) اکسپرس

این برنامه نام خود را از واژه‌های "سامانه متخصص برای ارزیابی و شبیه‌سازی نظارت بر آفت‌کش ها"[1] گرفته است و توسط مؤسسه ملی پژوهش‌های آب و محیط زیست کانادا در سال ۱۹۹٤ تهیه گردید تا به صورت یک ابزار برای سنجش و

1- The EXpert system for Pesticide Regulatory Evaluations and Simulations (EXPRES)

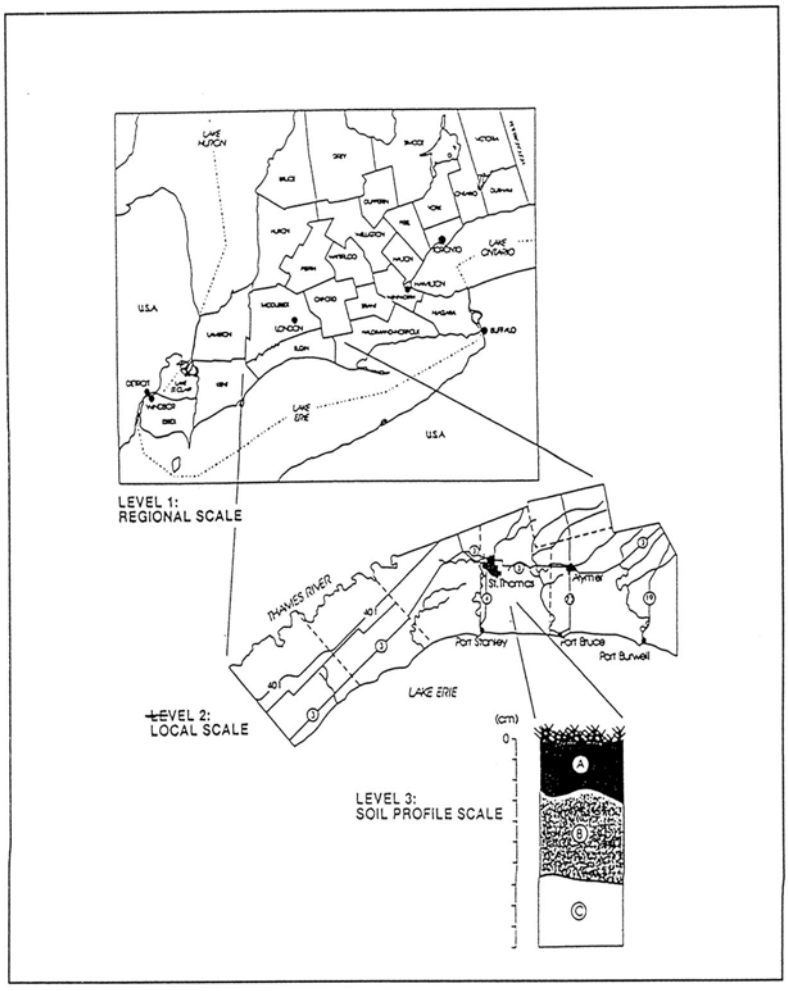
ارزیابی سریع قابلیت آلودگی آب‌های زیرزمینی کم عمق توسط آفت‌کش‌های کشاورزی، بکار رود. معمولاً این چنین موضوعی توسط مجموعه دقیقی از اطلاعات مربوط به خاک (آن هم از طریق حفاری و نمونه‌برداری)، اندازه‌گیری شیب، شیمی آفت‌کش‌ها و غیره پاسخ داده می‌شود. این نوع بررسی پرهزینه بوده و به همین دلیل نیاز به یک ابزار پردازش اطلاعات وجود داشت تا به افراد غیر متخصص اجازه دهد که بدون رویارویی اجباری با هزینه گران و دشواری‌های حفر چاه‌های مشاهده‌ای، انجام اندازه‌گیری‌های میدانی و استخدام مشاورین و غیره، قابلیت آلودگی آب زیرزمینی را تخمین بزنند.

سامانه کارشناسی "اکسپرس" مشتمل بر اطلاعات پایه‌ای (برگرفته از داوری کارشناسان خبره) مربوط به رشته‌های مورد نظر است که به عنوان اطلاعات مربوط به آفت‌کش‌ها و عوامل مرتبط دیگر با ارائه سه مدل ارزیابی از آفت‌کش‌ها طراحی شده است. سیستم با بهره‌گیری از اطلاعات در دسترس کاربر و اهداف تحقیق، مناسبترین مدل را ارائه داده و کاربر را در دستیابی به یک سری اطلاعات ورودی، شروع ارزیابی و تعبیر نتایج یاری می‌دهد. "اکسپرس" همچنین می‌تواند با مرور ترکیب آفت‌کش و مشخصات محل، نسبت به آفت‌کش‌های دیگر قابلیت نشت به آب زیرزمینی را مورد ارزیابی قرار داده و با پیش‌بینی‌های کمی در مورد میزان انتشار و مقادیر انتقال آفت‌کش‌ها از منطقه‌ای به منطقه دیگر، فرآیند و عوامل مؤثر در کنترل زوال آفت‌کش‌ها در لایه‌های فوقانی خاک را ارزیابی کند.

"اکسپرس" توسط "کراو" و "بوتی" در سال ۱۹۹۵ به یک ابزار ارزیابی منطقه‌ای در ۳ مقیاس مختلف کاربردی تبدیل گشت: مقیاس نیمرخ خاک، مقیاس محلی و مقیاس منطقه‌ای (شکل ۱۵). کاملترین تحلیل از لحاظ جزئیات، مقیاس نیمرخ خاک است. بطوریکه مقیاس‌های بزرگتری به عنوان ابزارهای جداسازی و پردازش توسط تنظیم‌کننده‌ها بکار گرفته شده تا قابلیت‌های نسبی آلودگی آب زیرزمینی و نیاز به پایش منابع آب زیرزمینی مورد ارزیابی قرار گیرد.

برنامه‌های مشاوره‌ای برای شرایط ویژه طراحی می‌شود هر دو برنامه برای کاربرد در شرایط آب و هوایی معتدل و مرطوب و سیستم‌های کشاورزی کانادا طراحی

شده‌اند. با این وجود می‌توانند با اعمال تغییرات لازم برای انواع دیگرشرایط آب و هوایی و کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند.



شکل (۱۵)- مقیاس‌های جغرافیایی مختلف که می‌تواند از طریق برنامه مشاوره ارزیابی منطقه‌ای Express مورد استفاده قرار گیرد.

توصیه‌ها

مدیریت کیفیت آب در کشاورزی یک مشکل پیچیده و چند جانبه است که توانائی‌های زیر را می‌طلبد:

- پیش‌بینی عواقب زیست محیطی
- تحلیل راه کارهای جبرانی هم در سطح مزرعه و هم در سطح حوضه رودخانه‌ای
- انجام تحلیل‌های مقرون به صرفه در مورد نیازهای منطقه‌ای و تأثیرات بر کیفیت آب
- شناسایی سیاست مناسب در مقیاس حوضه رودخانه‌ای، منطقه‌ای و ملی
- انجام محاسبات بعد از اجرای تصمیمات برای ارزیابی کارآمدی تصمیمات پس از اجرای آنها

پیشنهاد می‌شود که فائو و آژانس‌های کشاورزی ملی از فن‌آوری اطلاعات که امکان تحلیل مداوم و قابل اطمینان و تصمیم‌گیری در مورد موضوعات پیچیده کیفیت آب را مهیا می‌سازد، نهایت استفاده را بنمایند.

سامانه‌های اطلاعاتی و پشتیبانی تصمیم‌گیری برای انجام وظایف محوله باید متکی بر محصولات تجاری و عمومی باشند. این امر مشتمل بر نرم‌افزارهای بانک اطلاعاتی (مثل dBase و غیره)، فایل‌های موجود از نمونه‌های تجاری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) اعم از انواع برداری و نقطه‌ای، نرم‌افزارهای آماری و غیره است و سیستم‌های مناسب برای پشتیبانی سامانه‌های تصمیم‌گیری باید با نرم‌افزارهای موجود آمیخته باشند. (از جمله می‌توان از نرم‌افزار "سیمیس"[1]، به معنی سامانه اطلاعاتی مدیریت شبکه آبیاری، یا "کراپوات"[2] به معنی نیاز آبی گیاه، نام برد، این سامانه‌ها باید با استفاده از نرم‌افزارهای موجود به آسانی قابل توسعه باشند (بتوان وظایف جدیدی در نرم‌افزارها تعریف کرد).

1- Scheme Irrigation Management Information System (SIMIS)
2- Crop Water Requirements (CROPWAT)

مسئولیت این امر به عهده تولیدکنندگان سامانه‌هاست، بطوریکه نرم‌افزار پشتیبان تصمیم‌گیری را به گونه‌ای طراحی کنند که برای کاربر کاملاً ملموس باشد. این بدین معنی است که کاربر باید با حداقل آموزش قادر به استفاده از برنامه باشد. نرم‌افزارباید ابزارهای کمک (Help) مناسب را در بطن خود داشته باشد و کاربر نباید لزوماً یک کارشناس کامپیوتر باشد.

استفاده از اهداف کیفیت آب

اهداف و رهنمودهای کیفیت آب برای تعیین مناسب بودن آب جهت کاربری‌های معین از جمله کشاورزی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین تأثیرات کشاورزی و آبیاری بر کیفیت آب، عامل تعیین‌کننده‌ای در تشخیص قابلیت مصرف آب برای مناطق پایین دست و ازجمله بهره‌برداری از آن برای آبیاری می‌باشد. از اهداف کیفیت آب بطور وسیعی برای ارزیابی کیفیت آب منطقه‌ای و مقاصد برنامه‌ریزی و گزارش زیست محیطی استفاده می‌گردد.

کشورهای در حال توسعه عموماً مایلند که اهداف و رهنمودهای بدست آمده توسط آژانس‌های کیفیت آب کشورهای غربی را مورد استفاده قرار می‌دهند. در این خصوص رهنمودهای کیفیت آب کشور کانادا (CCREM) بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. کالاماری و نوه در سال ۱۹۹۴ اذعان داشتند که استفاده از معیارهای کیفیت آب که برای زیست بوم‌های اقلیم معتدل طراحی شده، باید با احتیاط در مناطق آفریقایی به کاربرده شوند، چرا که از نظر رفتارهای شیمیایی آن زیست بوم (مثل مواد سمی، آلاینده‌های پایدار و تجمع یافته) و با توجه به شرایط جوی بسیار متفاوت هستند. این مسئله در مورد کشورهای آسیایی و آمریکایی لاتین نیز صدق می‌کند. معیارها، رهنمون‌ها و اهداف کیفی آب چنانچه مستقیم یا غیر مستقیم منعکس‌کننده ارزش‌های اجتماعی و تمایل برای ریسک‌پذیری به خصوص در مورد اهداف کیفی مرتبط با بهداشت عمومی پیشرفته باشند، به احتمال زیاد برای استفاده در کشورهای در حال توسعه مناسب نیستند. این موضوع بسیار مهمتر از تأثیرات کشاورزی بر کیفیت آب است. در عین حال میزان تأثیرات کشاورزی در بسیاری از کشورهای در

حال توسعه چنان زیاد است که ارگان‌های کشاورزی باید به ارتقای اهداف کیفیت آب متناسب با شرایط کشور خودشان مبادرت ورزند. اهداف یاد شده باید از لحاظ توانمندی در ارزیابی اثرات کشاورزی بر کیفیت آب بمنظور دستیابی به اهداف کیفی واقع‌گرایانه باشند.

جدول (۱۸)- آفت‌کش‌های انتخاب شده برای پروتکل بین المللی "آلاینده‌های آلی پایدار" (POPs)

آفت‌کش ها	سایر ترکیبات آلی
آلدرین	آکریلونیتریل
آترازین	آرامیت
کلردان	دیوکسین‌ها
کورپیکرین	فوران‌ها
۱و۲-دی برومو اتان	ترکیبات سرب
۱و۲-دی کلرو اتان	ترکیبات کادمیم
دی الدرین	کاپتافول
د،دت (شامل د.د.د و د.د.ئی)	کلردکون (کپنون)
فلورواستیک اسید و مشتقات آن	کلردایم فورم
هپتاکلر	کلروفورم
هگزاکلروبنزن	سریمیدین
لیندان (هگزاکلروسیکلوهگزان)	ایزوبنزن
میرکس	ایزودرین
نیتروفن	کلوان
نیتروفن	مورفامکوات
پنتاکلروفنل	۲و۴و۵- تی
ترپن‌های پلی کلره	پلی کلرو بی فنیل (PCB)
کوینتوزن	ترکیبات سلنیم
توگزافن	

فائو و برنامه کاری "آلاینده‌های آلی پایدار[1]"

آلودگی جهانی ناشی از آلاینده‌های آلی پایدار از اهمیت بالایی در کل جهان برخوردار گشته است. اهمیت این آلاینده‌های شیمیایی به عنوان آلاینده‌های ناشی از کانون‌های نامتمرکز در مجامع زیر مورد بررسی قرار گرفته است: مجمع تصمیم‌گیری یونپ، سال ۱۹۹۵؛ مذاکرات مستمر کمیسیون اقتصادی اروپا[2] در مورد "نقل و انتقال آلاینده‌های جوی تا فواصل بسیار طولانی"[3]، طرح برنامه جهانی برای جلوگیری از آلودگی زیست محیط‌های دریایی ناشی از کاربری اراضی و ابتکار برای دستیابی به پروتکل "آلاینده‌های آلی پایدار".

موضوع در خور توجه در مورد کشاورزی آنست که تعداد قابل توجهی از مواد شیمیایی ذکر شده در فهرست POPs، آفت‌کش‌های کشاورزی هستند (جدول ۱۸) و برخی از آنها در حال حاضر نیز در کشورهای در حال توسعه مورد استفاده قرار می‌گیرند. مواد شیمیایی ذکر شده در فهرست جدول ۱۸ آفت‌کش‌هایی هستند که توسط کشورهای اروپایی، کانادا و کمیسیون اقتصادی سازمان ملل در امور اروپا به عنوان آفت‌کش‌های ممنوعه شناخته شده‌اند و یا آفت‌کش‌هایی هستند که به علت مضر بودن برای محیط زیست و سلامت انسان باید در سطح بسیار محدود مورد استفاده قرار گرفته شوند.

بخش کشاورزی در زمینه پا برجا کردن ممنوعیت‌ها و محدودیت‌ها در مورد برخی آفت‌کش‌های معین مجبور به دست و پنجه نرم کردم با مشکلات بسیاری است. اقدامات مورد نیاز عبارتند از: جایگزین‌های مقرون به صرفه، قوانین ملی، کنترل واردات و ساخت مواد شیمیایی ممنوعه. از آنجائیکه در حال حاضر پیش‌بینی نتیجه نهایی اقدامات گوناگونی که در راستای POPs انجام شد، دشوار است. بنابراین پیشنهادات بالا فقط به نقشی که فائو در مذاکرات در جهت به تصویب رساندن یک پروتکل جهانی دارد مربوط می‌شود. فائو مهمترین منبع اطلاعات هم از جهت عملی و

1- POPs
2- ECE
3- LRTAP

هم از جهت شیمی آفت‌کش‌های مورد استفاده در کشاورزی است. این اطلاعات مورد نیاز بسیاری از کشورهای در حال توسعه برای شرکت در مذاکرات POPs است. در عین حال منبع خوبی برای آگاهی کشورهای توسعه یافته در مورد اثرات اقتصادی کاربرد آفت‌کش‌ها در کشورهای در حال توسعه است. فائو در موقعیتی است که می‌تواند نقش مهمی رابه عنوان میانجی در فرآیند اقدامات پروتکل "آلاینده‌های آلی پایدار" انجام دهد.

کادر ۹- تبصره الحاقی به بیانیه واشنگتن در مورد حفاظت محیط زیست ساحلی در مقابل فعالیت‌های انجام شده در خشکی

بند ۱۷: بکارگیری یک ابزار قانونی برای کاهش استفاده و یا ممنوعیت پخش و در صورت لزوم، ساخت و استفاده از آلاینده‌های آلی پایدار که در حکم ۳۲-۱۸ شورای تصمیم‌گیری برنامه حفاظت از محیط زیست سازمان ملل آمده، متن و ماهیت محدودیت‌ها بسته به شرایط مکانی کشورهای مختلف قابل تغییر می‌یابد. توجه ویژه به نیازهای بالقوه برای ادامه استفاده از برخی آلاینده‌های آلی پایدار به منظور تأمین سلامت و تولید غذا و جلوگیری از شیوع فقر ناشی از فقدان جایگزین و مشکل در بدست آوردن جایگزین و انتقال فن‌آوری برای توسعه و تولید جایگزین‌های مذکور، ضروری است.

آفت‌کش‌ها در کشورهای در حال توسعه

مشکل کاربرد آفت‌کش‌ها در کشورهای در حال توسعه و کشورهای دارای اقتصاد در حال گذار، کاملاً جدا از مسائل مربوط به "پروتکل آلاینده‌های آلی پایدار" است. سابقه استفاده نابجا از آفت‌کش‌ها در این کشورها بسیار طولانی است. عواقب زیست محیطی کیفیت آب و سلامت عمومی کاملاً شناخته شده‌اند، در حالیکه برنامه موافقت از پیش اعلام شده فائو و (دفتر ثبت بین‌المللی مواد شیمیایی بالقوه سمی)[1] گام مهمی بوده که برداشته شده است، سوء استفاده و استفاده غلط از مواد شیمیایی کشاورزی هنوز به عنوان مشکل بزرگی در بسیاری از کشورهای به خصوص

1- IRPTC

آمریکای لاتین، آسیا و اروپای شرقی وجود دارد. پاسخ یا توصیه‌ای برای این موارد وجود ندارد و در عین حال موضوع از اهمیت خاصی در زمینه سلامت عمومی و محیط زیست برخوردار است و هزینه‌های اقتصادی جانبی بسیاری را در بردارد که از اینرو فائو باید برنامه‌های خاصی را در زمینه استفاده از آفت‌کش‌ها طراحی کند. این برنامه‌ها باید شامل ارزیابی، آموزش، آگاهی‌رسانی، جایگزینی مواد شیمیایی و انبارداری و معدوم نمودن مواد باشد.

اقدامات دولت‌ها از قبیل کاهش و یا حذف یارانه بها می‌تواند اثرات سودبخش مهمی در کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها داشته باشد. کاهش در استفاده از آفت‌کش‌ها اگر با آموزش در زمینه مدیریت استفاده از آفت‌کش‌ها همراه باشد می‌تواند تأثیرات مثبت زیادی هم در زمینه بوم شناختی (کیفیت آب) و هم اقتصادی در سطح محلی داشته باشد.

منابع

Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, P.E. and Rasmussen, J. 1986. An introduction to the European Hydrological System - Système Hydrologique Européen "SHE". J. Hydrol. 87: 45-77.

Ackefors, H. and Enell, M. 1992. Pollution loads derived from aquaculture: land-based and water-based systems. In: Workshop on Fish Farm Effluents and their Control in EC Countries. Published by the Department of Fishery Biology, Institute for Marine Science at the Christian-Albrechts-University of Kiel, Germany, pp. 3-4.

Andreoli, C.V. 1993. The influence of agriculture on water quality. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome pp. 53-65.

Appelgren, B.G. 1994. Agricultural and Environmental Legislation - Lithuania, Technical Report. FAO-LEG: TCP/LIT/2352, Technical Cooperation Programme, FAO, Rome.

Avcievala, S. 1991. The nature of water pollution in developing countries. Natural Resources Series No. 26. UNDTCD, United Nations, New York.

Bangay, G.E. 1976. Livestock and poultry wastes in the Great Lakes Basin: environmental concerns and management issues. Social Science Series No. 15. Environment Canada.

Barg, U.C. 1992. Guidelines for the promotion of environmental management of coastal aquaculture development. FAO Fisheries Technical Paper 328. FAO, Rome.

Beasley, D.B. and Huggins, L.F. 1981 ANSWERS Users Manual. US-EPA 905/9-82-001. US Environmental Protection Agency, Washington DC.

Braune, E. and Looser, U. 1989. Cost impacts of sediments in South Africa rivers. In: Sediment and the Environment. R.F. Hadley and E.D. Ongley (eds.). IAHS Publication No. 184. Int. Assoc. Hydrol. Sci., Wallingford, UK. pp. 131-143.

Bushway, R.J., Perkins, B., Savage, S.A., Lekousi, S.L. and Ferguson, B.S. 1988. Determination of atrazine residues in water and soil by enzyme immunoassay. Bull. Environmental Contamination and Toxicology 42: 899-904.

Cairns, J. 1977. Aquatic ecosystem assimilative capacity. Fisheries 2: 5-7.

Cairns, J. 1989. Applied ecotoxicology and methodology. In: Aquatic Ecotoxicology: fundamental concepts and methodologies. Vol. 2. A. Boudou and P. Ribeyre (eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 275-290.

Calamari, D. and Barg, U. 1993. Hazard assessment of agricultural chemicals by simple simulation models. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 207-222.

Calamari, D. and Naeve, H. 1994. Review of Pollution in the African Aquatic Environment. Committee for Inland Fisheries of Africa (CIFA) Technical Paper No. 25. FAO, Rome.

Carvalho, N de 0. 1988. Sediment yield in the Velhas River Basin (Minas Geerais, Brazil). In: Sediment Budgets. M. Bordas and D.E. Walling (eds.). Proceedings of the Porto Alegre Symposium. IAHS Publication No. 174. pp. 369-375.

CCREM. n.d. Canadian Water Quality Guidelines. Canadian Council of Resource and Environment Ministers (CCREM), Produced by the Ecosystem Conservation Directorate, Environment Canada, Ottawa, (periodically updated).

Chapman, D. 1992. Water Quality Assessments. Chapman and Hall, London.

Chaves, H.M.L. 1991. Análise global de sensibilidade dos parâmetros da equaçao universal de perda de solo modificada (MUSLE). R. bras. Ci. Solo, Campinas, 15: 345-350.

Convey, G.R. and Pretty, J.N. 1988. Fertilizer risks in the developing countries: a review. International Institute for Environment and Development, London.

Coote, D.R. and Hore, F.R. 1978. Pollution Potential of Cattle Feedlots and Manure Storages in the Canadian Great Lakes Basin. International Joint Commission PLUARG Report, Windsor, Ontario.

Crowe, A.S. and Mutch, J.P. 1994. An expert systems approach for assessing the potential for pesticide contamination of ground water. Ground Water 32: 487-498.

Crowe, A.S. and Booty, W.G. 1995. A multi-level assessment methodology for determining the potential for groundwater contamination by pesticides. Environ. Monit. Assess. 35: 239-261.

Danish Environmental Protection Agency. 1993. Oversigt over revurderingen 1988, 1989, 1990, 1991 og 1992. [Summary of the reassessment of already approved pesticides in 1988,1989, 1990, 1991 and 1992 based on stricter standards], as reported by WWF, 1992.

Du Plessis. 1985. cited in Braune, E. and Looser, U. 1988. Cost impacts of sediments in South African rivers. In: Sediment and the Environment. 1989. R.F. Hadley and E.D. Ongley (eds.). IAHS Publication No. 184, Int. Assoc. Hydrol. Sci., Wallingford, UK. pp. 131-143.

ECE. 1992. Protection of Inland Waters Against Eutrophication. United Nations Economic Commission for Europe, Paper # ECE/ENVWA/26, Geneva.

Economopoulos, A.P. 1993. Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution: A guide to rapid source inventory techniques and their use in formulating environmental control strategies. (2 Vols.). Environmental Technology Series, WHO/PEP/GETNET/93.1-A. World Health Organization, Geneva.

EEG. 1994. European River and Lakes: Assessment of their environmental state. European Environment Agency, Monograph #1, Copenhagen, Denmark.

Elwell, H.A. and Stocking, M.A. 1982. Developing a simple yet practical method of soil loss estimation. Tropical Agriculture (Trinidad) 59: 43-48.

ESCAP. 1994. Expert Group Meeting on Water Resources, Water Quality and Aquatic Ecosystems. Bangkok, 17-21 Oct. 1994.

FAO. 1994a. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). R. Roose. Bulletin Pédologique de la FAO No. 70. FAO, Rome.

FAO. 1994b. Agricultural and Environmental Legislation - Lithuania, Technical Report. B.G. Appelgren. FAO-LEG: TCP/LIT/2352, Technical Cooperation Programme, FAO, Rome.

FAO. 1994c. Water Policies and Agriculture, Special Chapter of The State of Food and Agriculture 1993. FAO, Rome.

FAO. 1993a. An overview of pollution of water by agriculture. J.A. Sagardoy. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities, Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 19-26.

FAO. 1993b. Field Measurement of Soil Erosion and Runoff. N.W. Hudson. FAO Soils Bulletin No. 68. FAO, Rome.

FAO. 1991. Network on Erosion-Induced Loss in Soil Productivity. Report of a Workshop, Bogor, Indonesia, March 1991. Land and Water Development Division, FAO, Rome.

FAO. 1990a. Water and Sustainable Agricultural Development: A strategy for the implementation of the Mar del Plata Action Plan for the 1990s. FAO, Rome.

FAO, 1990b. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. FAO, Rome.

FAO. 1987. Soil and water conservation in semi-arid areas. N.W. Hudson. Soils Bulletin 57. FAO, Rome. 172 p.

FAO. 1986. The cost of soil erosion in Zimbabwe in terms of the loss of three major nutrients. M. Stocking. Consultant's Working Paper No. 3, Soil Conservation Programme, Land and Water Development Division, FAO, Rome.

FAO. 1985 Erosion-induced loss in soil productivity: a research design. M. Stocking. Consultants Working Paper No. 2, Soil Conservation Programme, Land and Water Development Division, FAO, Rome.

FAO. 1984. Environmental management for vector control in rice fields. T.H. Mather. Irrigation and Drainage Paper 41, FAO, Rome. 152 p.

FAO/ECE. 1991. Legislation and Measures for the Solving of Environmental Problems Resulting from Agricultural Practices (With Particular Reference to Soil, Air and Water), Their Economic Consequences and Impact on Agrarian Structures and Farm Rationalization. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) and FAO, Agri/Agrarian Structures and Farm Rationalization Report No. 7. United Nations, Geneva.

GESAMP. 1986. Environmental Capacity. An approach to marine pollution prevention. IMO/FAO/Unesco/WMO/WHO/IAEA/UNEP

Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Maarine Pollution. Rep. Stud. GESAMP 30: 49p.

Gilliom, R.J. 1984. Pesticides in rivers of the United States. National Water Summary, 1984. United States Geological Survey Water Supply Paper 2275. Washington DC. pp. 85-92.

Hudson, N.W. 1993. Field measurement of soil erosion and runoff. FAO Soils Bulletin No. 68. FAO, Rome.

Hudson, N.W. 1987. Soil and water conservation in semi-arid areas. Soils Bulletin 57. FAO, Rome. 172 p.

ICWE. 1992. The Dublin Statement and Report of the Conference, International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century, Dublin, Ireland.

Ignazi, J.C. 1993. Improving nitrogen management in irrigated, intensely cultivated areas: the approach in France. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp 247-261.

International Joint Commission. 1974. Management Programs, Effects of Research, and Present Land Use Activities on Water Quality of the Great Lakes (2 vols.). Pollution from Land Use Activities Reference Group (PLUARG), International Joint Commission, Windsor, Ontario.

Janus, L.L. and Vollenweider, R.A. 1981. The OECD Cooperative Programme on Eutrophication: Summary Report - Canadian Contribution. Inland Waters Directorate Scientific Series No. 131, Environment Canada, Burlington, Ontario, Canada.

Jolankai, G. 1986. Non-point source pollution modelling results for an agricultural watershed in Hungary, In: Land Use Impacts on Aquatic Ecosystems. J. Lauga, Décamps and M.M. Holland. Proceedings of the Toulouse Workshop, MAB-UNESCO & PIREN-CNRS, France, pp. 165-189.

Joly, C. 1993. Plant nutrient management and the environment, In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 223-245.

Jonsson, E., Emmerman, A, and Norberg, H. 1990. Problemområ den I yttremiljön vid kemisk bekämpning - förslag till åtärdr. Rapport utarbedet av lantbruklsstyrelsens arbetsgrupp "Yttre miljö - kantzoner". Lantbruksstyrelsens rapport 1991: 2 Jönköping, Sverige. (As reported in WWF, 1992).

Kamrin, M. 1995. Environmental Hormones. Discussion paper taken from EXTOXNET of the Internet. Access on WWW through: http://www.oes.orst.edu:70/1/ext, choose EXTOXNET.

Karickhoff, S.W. 1981. Semiempirical estimation of sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments and soils. Chemosphere 10: 833-846.

Keddy, C, Greene, J.C. and Bonnell, M.A. 1994. A Review of Whole Organism Bioassays for Assessing the Quality of Soil, Freshwater Sediment, and Freshwater in Canada. Scientific Series No. 198. Ecosystem Conservation Directorate, Environment Canada, Ottawa.

Knisel, W.G. 1980. CREAMS: A Field Scale Model for Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems. Conservation Research Report No. 26. US Department of Agriculture, Washington DC.

Kristensen, P., and Hansen, H.O. (eds.). 1994. European Rivers and Lakes: Assessment of their Environmental State. Prepared by the Danish Ministry of Environment and Energy for the European Environment Agency, EEG Environmental Monographs 1, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

Lampman, W. 1995. Susceptibility of groundwater to pesticide and nitrate contamination in predisposed areas of southwestern Ontario. Water Qual. Res. Jour. Canada 30: 443-468.

Lane, L.J. and Nearings, M.A. (eds.). 1989. USDA - Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile Model Documentation. NSERL Report No. 2. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Layfayette. IN.

Lawrence, A.R. and Kumppnarachi. 1986. Impact of agriculture on groundwater quality in Kalpitiya, Sri Lanka. British Geological Survey. Report WD/03/86/20.

McElroy, A.D., Chiu, A.D., Nebgen, S.Y., Aleti, J.E. and Bennett, F.W. 1976. Loading Functions for Assessment of Water Pollution from Nonpoint Sources. EPA-600/2-76-151, US Environmental Protection Agency, Washington DC.

Mackay, D. and Paterson, S. 1991. Evaluating the multimedia fate of organic chemicals: a Level III fugacity model. Environ. Sci. Techn. 25: 427-436.

Mather, T.H. 1984. Environmental management for vector control in rice fields. Irrigation and Drainage Paper 41, FAO, Rome. 152 p.

Meade, R.H. and Trimble, S.W. 1974. Changes in sediment loads in rivers of the Atlantic drainage of the United States since 1900. Int. Ass. Hydrol. Sci., Publ. No. 113, 99-104.

Metcalfe-Smith, J.L. 1994. Biological water-quality assessment of rivers: use of macroinvertebrate communities. In: The Rivers Handbook (Vol. 2). P. Calow and G.E. Petts (eds.). Blackwell Scientific Publications, London, pp. 144-170.

Milliman, J.D. and Meade, R.H. 1983. World-wide delivery of river sediment to the oceans, J. Geol. 91: 1-21.

Milliman, J.D. and Syvitski. 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountain rivers. J. Geology 100: 525-544.

Mills, W.B. et al. 1985. Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants, EPA-600/6-82-004a & b. Volumes I and II. U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC.

Ministry of Public Health, Thailand. 1986. Review of Water Quality Monitoring programme in Thailand. Environmental Health Division, Bangkok.

Munkittrick. K.R., Servos, M.R., Parrott, J.L., Martin, V., Carey, J.H., Flett, P.A. and Van Der Kraak, G.J. 1994. Identification of lampricide formulations as a potent inducer of MFO activity in fish. J. Great Lakes Research 20: 355-365.

Nielsen, G.H., Culley, J.L. and Cameron, D.R. 1978. Nitrogen Loadings from Agricultural Activities in the Great Lakes Basin. International Koint Commission PLUARG Report. Windsor, Ontario.

Novotny, V. and H. Olem, 1994. Water Quality: Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrand Reinhold, New York.

OMAF, 1991. Grower Pesticide Safety Course. Ontario Ministry of Agriculture and Food, Toronto, Ontario, Canada.

Ongley, E.D. 1994. Global water pollution: challenges and opportunities. Proceedings: Integrated Measures to Overcome Barriers to Minimizing Harmful Fluxes from Land to Water. Publication No. 3, Stockholm Water Symposium, 10-14 Aug. 1993., Stockholm, Sweden, pp. 23-30.

Ongley, E.D. 1987. Scale effects in fluvial sediment-associated chemical data. Hydrological Processes 1: 171-179.

Ongley, E.D., Krishnappan, B.G., Droppo, I.G., Rao, S.S. and Maguire, R.J. 1992. Cohesive sediment transport: emerging issues for toxic chemical management. Hydrobiologia 235/236: 177-187.

Ostry, R.C. 1982. Relationship of water quality and pollutant loads to land uses in adjoining watersheds. Water Resources Bull. 18: 99-104.

Quirós, R. 1993. Inland fisheries under constraints by other uses of land and water resources in Argentina. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities, Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome, pp. 29-44.

Reiff, F.M. 1987. Health aspects of waste-water reuse for irrigation of crops. In: Proceedings of the Interregional Seminar on Non-conventional Water Resources Use in Developing Countries, 22-28 April 1985, Series No. 22, United Nations, New York. pp 245-259.

Reynoldson, T.B. and Metcalfe-Smith, J.L. 1992. An overview of the assessment of aquatic ecosystem health using benthic invertebrates. J. Aquatic Ecosystem Health 1: 295-308.

Reynoldson, T.B., Bailey, R.C., Day, K.E. and Norris, R.H. 1995. Biological guidelines for freshwater sediment based on BEnthic Assessment of SedimenT (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state. Australian Jour. Ecol. (in press).

Rhoades, J.D. 1993. Reducing salinization of soil and water by improving irrigation and drainage management. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 291-320.

Rickert, D. 1993. Water quality assessment to determine the nature and extent of water pollution by agriculture and related activities. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 October, 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 171-194.

Risk, M.J., Sammarco, P.W. and Schwarcz, H.P. 1994. Cross-continental shelf trends in 513 C in coral on the Great Barrier Reef. Mar. Ecol. Prog. Ser. 106: 121-130.

RIVM. 1992. The Environment in Europe: A Global Perspective. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), Netherlands.

RIZA, 1994. Chemische waterkqaliteitsindices. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA), Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Lelystad, The Netherlands.

Roose, E. 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin Pédologique de la FAO No. 70. FAO, Rome.

Rosenthal, H. 1992. Environmental impacts: negative and positive aspects. In: Workshop on Fish Farm Effluents and their Control in EC Countries. Published by the Department of Fishery Biology, Institute for Marine Science at the Christian-Albrechts-University of Kiel, Germany. pp. 4-5.

Ryding, S-O. 1986. Identification and quantification of nonpoint source pollution as a base for effective lake management. In: Land Use Impacts on Aquatic Ecosystems. J. Lauga, Décamps and M.M. Holland. Proceedings of the Toulouse Workshop, MAB-UNESCO & PIREN-CNRS, Prance, pp. 127-134.

Sagardoy, J.A. 1993. An overview of pollution of water by agriculture. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities, Proceedings of the FAO Expert Consultation, Santiago, Chile, 20-23 Oct. 1992. Water Report 1. FAO, Rome. pp. 19-26.

Schottler, S.P., Elsenreich, S.J. and Capel, P.D. 1994. Atrazine, alachlor and Cyanazine in a large agricultural river system. Environ. Sci. Technol. 28: 1079-1089.

Spires, A. and Miller, M.H. 1978. Contribution of Phosphorus from Agricultural Land to Streams by Surface Runoff. International Joint Commission PLUARG Report. Windsor, Ontario.

Stephenson, G.A. and Solomon, K.R. 1993. Pesticides and the Environment. Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

Stevenson, F.J. 1965. Origin and distribution of nitrogons in soil. In: SOil Nitrogen. W.V. Bartholomew and F.E. dark (eds.). Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Stocking, M. 1985. Erosion-Induced Loss in Soil Productivity: A Research Design. Consultants Working Paper No. 2, Soil Conservation Programme, Land and Water Development Division, FAO, Rome.

Thurman, E.M., Meyer, M., Pomes, M., Perry, C.A. and Schwab, P. 1990. Enzyme-linked immunoabsorbent assay compared with gas chromatography/mass spectrometry for the determination of triazine herbicides in water. Analytical Chemistry 62 (18): 2043-2048.

Torstensson, L. 1990. Bekämpningsmedel I den yttre miljön. Förekomst, spridning, effekter. Litteraturgenomgångoch förslag till forskning. Natrurvåardsverket rapport 3536. Solan, Sverige (As reported in WWF, 1992).

United Nations. 1992. Protection of the quality and supply of freshwater resources: application of integrated approaches to the development, management and use of water resources. Chapter 18, Agenda 21, Report of the United Nations Conference on Environment and Development. United Nations, New York.

UNCED. 1992. Agenda 21 of the United Nations Conference on Environment and Development. United Nations, New York.

USDA. 1983. National Engineering Handbook: Sedimentation. United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service, 2nd Edition.

UNEP. 1993. The Aral Sea: Diagnostic study for the development of an Action Plan for the conservation of the Aral Sea. Nairobi.

US-EPA. 1994. National Water Quality Inventory. 1992 Report to Congress. EPA-841-R-94-001. Office of Water, Washington, DC.

US-EPA. 1992. National Pesticide Survey: Update and summary of Phase II results. Office of Water & Office of Pesticides and Toxic Substances, United States Environmental Protection Agency Report # EPA570/9-91-021, Washington DC.

US-EPA. 1989. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and River: Benthic macroinvertebrates and Fish. Office of Water, EPA/444/4-89-001, United States Environmental Protection Agency, Washington DC.

US-EPA. 1987. National Water Quality Inventory. 1986 Report to Congress. EPA-440/4-87-008. Office of Water, Washington, DC.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 1991. Diagnóstico das Condicões Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS), Rio de Janeiro.

Vollenweider, R.A. et al. 1980. Conclusions of the OECD Cooperative Programme on Eutrophication. In UNESCO Nature and Resources 16(3).

Walling, D.E. 1983. The sediment delivery problem. J. Hydrol. 65: 209-237.

Walling, D.E. and B.W. 1983. Patterns of sediment yield. In K.J. Gregory (Ed.), Background to Palaeohydrology. Wiley, New York.

Wang, Y.-J. and Lin J.-K. 1995. Estimation of selected phenols in drinking water with in situ acetylation and study on the DNA damaging properties of polychlorinated phenols. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 28: 537-542.

White, S. 1988. Sediment yield and availability for two reservoir drainage basins in central Luzono, Philippines. In: Sediment Budgets.

M.P. Bordas and D.E. Walling (eds.). IAHS Publ. No. 174. Int. Assoc. Hydrol. Sci., Wallingford, UK. pp. 575-581.

Wischmeier, W.H. 1976. Use and misuse of the universal soil loss equation, J. Soil Water Conserv. 31, 5-9.

World Bank, 1993. Water Resources Management: A Policy Paper, World Bank, New York.

World Bank, 1992. World Development Report 1992: Development and the Environment. Oxford University Press, New York.

World Health Organization. 1993. Guidelines for Drinking-Water Quality, Volume 1: Recommendations. (Second Edition), WHO, Geneva.

WWF. 1993. Marine Update 13: Marine pollution and pesticide reduction policies. World Wide Fund for Nature, Panda House, Godalming, Surrey, UK.

WWF. 1992. Pesticide reduction programmes in Denmark, the Netherlands, and Sweden. A WWF International Research Report, World Wide Fund for Nature International, Switzerland. (including "The pesticide reduction programme in Denmark: Update", n.d.)

Young, R.A. et al. 1986. Agricultural Nonpoint Source Pollution Model: A Watershed Analysis Tool. USDA-ARS, Morris, MN.

ضمیمه ۱

اقسام و صورت آفت‌کش‌ها

این پیوست شامل اطلاعات کلی در مورد تعداد زیادی از آفت‌کش‌های کشاورزی است خواننده در صورت نیاز به جزئیات بیشتر به خصوص در زمینه رهنمودهای مربوط به آشامیدنی باید به منابع اصلی این اطلاعات رجوع کند. مقادیر مقاومت تجمع آنها در آب آشامیدنی و ماهی‌ها و بافت‌های آبزی‌های صدف‌دار بیانگر معیارها و روش‌های مختلف مورد استفاده برای محاسبه این مقادیر است. رهنمودهای مربوط به ماهی‌ها مربوط به قسمت‌های خوراکی آنهاست. مقادیر تجمع مواد شیمیایی بر آب آشامیدنی، ماهی‌ها و بافت‌های آبزیان صدف‌دار برای بسیاری از آفت‌کش‌ها مشخص نیست. منبع اصلی برای جمع‌آوری این ضمیمه،Reference#1 زیر است: (مراجع شماره ۱ زیر) که در غیر این صورت منابع جداگانه معرفی گردیده‌اند

۱) آژانس حافظت از محیط زیست ایالات متحده، تحقیقات ملی در مورد آفت‌کش‌ها: بررسی تحلیلی در «تحقیق ملی در مورد آفت‌کش‌ها در چاه‌های آب آشامیدنی. فاز یک گزارش، دفتر آب، اداره آفت‌کش‌ها و مواد سمی، GPA570/9-90-015. واشنگتن DC

۲) Resels E.A و Nowell, L. H. سال ۱۹۹۴. استانداردها و رهنمودهای ملی در مورد آفت‌کش‌ها در آب، رسوبات و ارگانیزم‌های آبی: مورد استفاده در ارزیابی کیفیت آب جلد ۱۴۰ از «بررسی عوامل سمی و آلاینده محیطی» Heidelberg Springer-Velag، آلمانی، جلد ۱۴۰ (به منبع بحث‌های جامع رجوع شود، رهنمودهای مربوط به زندگی دریایی، غیره)

۳) سازمان بهداشت جهانی ۱۹۹۳. رهنمودهای مربوط به کیفیت آب آشامیدنی، جلد ۱: پیشنهادات. سازمان بهداشت جهانی، ژنو، چاپ دوم.

۴) منابع Misc از جمله مربوط به تاریخچه و علم تولید و غیره.

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Acifluorfen	Blazer Carbofluorfen Tackle RH-620	Herbicide	Controls weeds and grasses in soybeans, groundnuts, rice and other large seeded legumes	-	
Alachlor	Lasso	Herbicide	Controls annual grasses and weeds in maize, soybeans, and groundnuts	2.0 20. (3)	
Aldicarb	Temik	Insecticide Acaricide Nematocide	Controls insects, nematodes, and mites on cottom, sugar beets, potatoes, and ornamentals	10. (1,3)	
Aldicarb sulfone	Standak Aldoxycarb	(Degradate)	(See Aldicarb)	40.	
Aldicarb sulfoxide	(See Aldicarb)	(Degradate)	(See Aldicarb)	10.	
Aldrin	HHDN Octalene	Insecticide	Controls soil insects	0.03 (3)	0.3 (2)
Ametryn	Gesapax	Herbicide	Controls weeds in pineapple, sugarcane, bananas, plantains, maize, and potatoes	-	
Atraton	Gesatamin	Herbicide	Formerly an experimental herbicide	-	
Atrazine	AAtrex	Herbicide	Controls cerain weeds in maize, sorghum, sugarcane, pineapple, and citrus fruits	3.0 2.0 (3)	
Atrazine, deethylated	(See Atrazine)	(Degradate)	(See Atrazine)	-	
Barban	Carbyne	Herbicide	Controls weeds in wild oats, wheat, lentils, peas, sugar beets, barley and clover	-	
Baygon	Propoxur Unden Blattanex	Insecticide	Controls cockroaches, flies, mosquitos, and turf insects	-	
Bentazon	Basagran	Herbicide	Controls broadleaf weeds in soybeans, rice, maize, groundnuts, beans, peas, and mint	30. (3)	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Bromacil	Borea Hyvar Uragan	Herbicide	Controls weeds and brush in non-crop areas, and controls weeds in citrus and pineapple	-	
Butachlor	Machete	Herbicide	Controls annual grasses and weeds in seeded, transplanted rice and other crops	-	
Butylate	Sutan	Herbicide	Controls grassy weeds and nut grass in maize	-	
Carbaryl	Sevin	Insecticide	Controls insects in forests lawns, ornamentals, shade trees, and rangeland	-	
Carbofuran	Furadan Caraterr	Insecticide Acaricide Nematocide	Controls insects, mites, nematodes on maize and other crops	40. 5. (3)	
Carbofuran, 3-hydroxy-	(See Carbofuran)	(Degradate)	(See Carbofuran)	-	
Carbofuran, phenol	(See Carbofuran)	(Degradate)	(See Carbofuran)	-	
Carbofuran, phenol, 3-keto-	(See Carbofuran)	(Degradate)	(See Carbofuran)	-	
Carboxin	D-735 DCMO Vitavax	Fungicide	Controls smuts on barley, oats, wheat, and seedlings	-	
Chloramben	Amiben Vegiben	Herbicide	Controls weeds in soybeans, groundnuts, sunflowers, and maize	-	
Chlordane	Gold Crest C-100	Insecticide	Controls termites in homes and controls other insects such as fire ants around underground cables	2. 0.2 (3)	0.3 (2)
Chlordecone (2) (Kepone)				-	0.3 (2)
Chlorobenzilate	Akar Benzilian	Acaricide	Controls mites on citrus, cotton, and vegetables	-	
Chloroneb	Terraneb	Fungicide	Controls snow mold, and systematic seedling diseases of cotton, beans, and soybeans	-	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Chlorothalonil	Bravo Daconil	Fungicide	Controls fungus on beans, carrots, celery, maize, conifers, and groundnuts	-	
Chlorotoluron (3)				30. (3)	
Chlorpropham	Chloro IPC CIPC Furloe Sprout NP	Herbicide	Controls weeds in alfalfa, lima beans, and snap beans	-	
Cyanazine	Bladex Fortrol	Herbicide	Controls annual grasses and broadleaf weeds in fallow croplands	-	
Cycloate	Ro-Neet	Herbicide	Controls annual broadleaf weeds and grasses	-	
2,4-D	2,4 Dichloro-phenoxyacetic acid Aqua Kleen	Herbicide	Controls weeds in wheat, maize, and barley	70. 30. (3)	
Dalapon	Dowpon Ded-Weed	Herbicide	Controls growth of grasses such as quackgrass, bermuda grass, and some perennials	200.	
2,4-DB	Butyrac Embutox	Herbicide	Controls broadleaf weeds in alfalfa, soybeans, and groundnuts	90. (3)	
DCPA	Chlorthal-dimethyl Dachtal	Herbicide	Controls annual grasses in turf, ornamentals, fruit and vegetables	-	
DCPA acid metabolites	(See DCPA) Dachtal acid metabolites	(Degradate)	(See DCPA)		
4,4-DDD	TDE Rothane	Insecticide	Controls mosquitoes and spiders	-	5. (2)
4,4-DDE	(See 4,4-DDD)	(Degradate)	(See 4,4-DDD)	-	5. (2)
4,4-DDT	(See 4,4-DDD)	(See 4,4-DDD)	(See 4,4-DDD)	2. (3)	5. (2)
Diazinon	Spectracide Basudin AG-500	Soil Insecticide	Controls insects such as cut worms, wireworms, and maggots on fruit, vegetables and tobacco	-	
Dibromochloro propane (DBCP)	Nemafume Fumazone Nemagon	Soil Fumigant	Controls nematodes on berries, citrus, melons, and nuts	0.2 1. (3)	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Dicamba	Banvel D Banfel Compound B Mediben	Herbicide	Controls broadleaf weeds in maize, sorghum, grains, and asparagus	-	
Dicamba, 5-hydroxy-	-	Herbicide (Degradate)	Controls annual and perennial broadleaf weed species in asparagus, cereals, grain and maize	-	
3,5-dichlorobenzoic acid	Dalapon	Herbicide	Controls perennial grasses	-	
1,2-dichloropropane	Propylene Dichloride 1,2-DCP	Soil Fumigant	Controls nematodes in soil (Contaminant of a registered active ingredient)	5. 20. (3)	
cis-1,3 dichloropropene	Telone II	Nematocide	Controls nematodes in soil	20. (3)	
trans-1,3 dichloropropene	(See cis-1,3-dichloropropene)	(See cis-1,3-dichloropropene)	(See cis-1,3-dichloropropene)	-	
Dichlorprop	Maizeox RK.	Herbicide	Controls polygonum persicaria, galium, and aparine in cereals and pastures	100. (3)	
Dichlorvos	Herkol Nogos Nuvan Phosvit Vapona	Insecticide with fumigant action	Controls mosquitos, flies, aphids, and spider mites on fruits and vegetables	-	
Dieldrin	Heod Dielorex Octalox	Insecticide	Controls soil insects such as locusts	-	
Dinoseb	DNBP Dinitro Premerge	Herbicide	Controls potato vines and dessicating seed crops	7.	
Diphenamid	Dymid Enide	Herbicide	Controls annual grasses and broadleaf weeds in groundnuts, tobacco and alfalfa	-	
Disulfoton	Dysyston Dithiodemeton Di-syston Ditio-systox	Insecticide	Controls insects and mites on seeds	-	
Disulfoton sulfone	(See Disulfoton)	(Degradate)	(See Disulfoton)	-	
Disulfoton sulfoxide	(See Disulfoton)	(Degradate)	(See Disulfoton)		

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Diuron	DCMU Karmex	Herbicide	Controls broadleaf and grassy weeds in wheat, barley, and bananas	-	
Endosulfan I	Thiodan Cyclodan Malix	Insecticide Acadcide (Degradate)	Controls a variety of insects such as mites on cereals, coffee, cotton, fruit, oilseeds, potatoes, and tea.	-	
Endosulfan II	(See Endosulfan I)	(Degradate)	(See Endosulfan I)	-	
Endosulfan sulfate	(See Endosulfan I)	(Degradate)	(See Endosulfan I)	-	
Endrin	Nendrin	Insecticide	Controls insects on cotton, small grains, and grasshoppers in noncrop areas	2.	0.3 (2)
Endrin aldehyde	(See Endrin)	(Degradate)	(See Endrin)	-	
EPTC	EPTAM	Herbicide	Controls weeds in beans, potatoes and maize	-	
Ethoprop	Mocap Prophos Ethoprophos	Nematocide Insecticide	Controls nematodes and insects on bananas, cabbage, and maize	-	
Ethylene dibromide (EDB)	Bromofume Nephis	Insecticide	Controls insects in soil and is an additive in leaded gasoline	0.05	
Ethylene thiourea (ETU)	ETU	Breakdown product of EBDC Fungicides	EDBC controls fungus on roses and other flowers, potatoes, tomatoes, lettuce and apples	-	
Etridiazole	Koban Terrazole	Soil Fungicide	Controls diseases of turf, beans, maize, cotton, sorghum	-	
Fenamiphos	Nemacur Inemacury	Insecticide Nematocide	Controls nematodes and insects on cotton, groundnuts, soybeans vegetables and fruit	-	
Fenamiphos sulfone	(See Fenamiphos)	(Degradate)	(See Fenamiphos)	-	
Fenamiphos sulfoxide	(See Fenamiphos)	(Degradate)	(See Fenamiphos)	-	
Fenarimol	Bloc Rimidin Rubigan	Fungicide	Protects against powdery mildew on apples, grapes and roses	-	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Fenoprop (3)				9. (3)	
Fluometuron	Cotoron	Herbicide	Controls annual grasses, and broadleaf weeds	-	
Fluridone	Sonar	Herbicide	Controls annual grass and weeds in cotton fields	-	
Glyphosate (4)	Roundup	Herbicide	Nonselective broad spectrum herbicide used on cereals, beans and other crops (4)	700. (2)	
alpha-HCH	(See gamma-HCH)	(See gamma-HCH)	(See gamma-HCH) (Contaminant of a registered active ingredient)	-	
beta-HCH	(See gamma-HCH)	(See gamma-HCH)	(See gamma-HCH) (Contaminant of a registered active ingredient)	-	
delta-HCH	(See gamma-HCH)	(See gamma-HCH)	(See gamma-HCH) (Contaminant of a registered active ingredient)	-	
gamma-HCH (Lindane)	gamma BHC Lindane	Insecticide	Controls leafhoppers in lowland rice, and beetles in wood (is a Contaminant in a registered active ingredient)	0.2 2. (3)	
Heptachlor(2)	Velsicol	Insecticide	Controls insects on maize,	0.4	
	3-chlorochlorene		alfalfa, hay and vegetables (is a Contaminant in a registered active ingredient)	0.03 (3)	0.3
Heptachlor epoxide(2)	(See Heptachlor)	(Degradate)	(See Heptachlor)	0.2 0.03 (3)	0.3
Hexachlorobenzene	Anti-Carie HCB	Fungicide	Controls fungus on wheat	1. (1,3)	
Hexazinone	Velpar	Herbicide	Controls selective weeds in conifers, sugarcane, pineapple, and pecans	-	
Isoproturon (3)				9. (3)	
Linuron	Afalon	Herbicide	Controls weeds in field maize, carrots, celery, and potatoes	-	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
MCPA (3)				2. (3)	
Mecoprop (3)				10. (3)	
Merphos	Folex	Defoliant	Acts as cotton defoliant	-	
Methiocarb	Mesurol Draza	Insecticide	Controls insects on cherries, and acts as a bird repellant on cherries	-	
Methomyl	Lannate Nudrin	Insecticide	Control a broad-spectrum of insects on agricultural and ornamental crops	-	
Methoxychlor	Malate	Insecticide	Controls insects on fruit and shade trees	400. 20. (3)	
Methyl paraoxon	E-600 Mintacol	Insecticide	Controls a variety of insects	-	
Metolachlor	Dual Primext	Herbicide	Controls weeds in woody ornamentals, sunflowers and maize	10. (3)	
Metribuzin	Sencor Sencorex Lexone	Herbicide	Controls grass and broadleaf weeds in soybeans, wheat, barley, peas and lentils	-	
Metribuzin DA	(See Metribuzin)	(Degradate)	(See Metribuzin)	-	
Metribuzin DADK	(See Metribuzin)	(Degradate)	(See Metribuzin)	-	
Metribuzin DK	(See Metribuzin)	(Degradate)	(See Metribuzin)	-	
Mevinphos	Phosdrin	Insecticide Acaricide	Controls mites, beetles, grasshoppers, cutworms and leafhoppers on a broad range of vegetables and fruit	-	
MDK 264	Van Dyke-264	Synergist	Acts as a synergist for pyrethrin, allethrin, and rotenone	-	0.1
Mirex(2)					
Molinate	Ordram	Herbicide	Controls germinating broad-leaves and watergrass in rice	6. (3)	
Napropamide	Devrinol	Herbicide	Controls annual grasses and broadleaf weeds	-	
Neburon	Kloben	Herbicide	Controls weeds and grasses in nursurey, ornamentals	-	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
4-Nitrophenol	-	Fungicide Breakdown product of parathion insecticides	Degradate of parathion pesticides, controls a variety of insects such as aphids and mosquitoes on pears	-	
Norflurazon	Zorial Evital Solicam	Herbicide	Controls insects on cotton, stone fruits, nuts, and cranberries	-	
Oxamyl	Vydate DPX-1410	Insecticide	Controls insects, mites, and nematodes on crops and fruit'	200.	
Pentachlorophenol (PCP)	Dowicide 7	Fungicide Insecticide Defoliant Herbicide	Protects timber from fungal rot and insects	200. 9. (3)	
Pebulate	Tillam	Herbicide	Controls annual grasses, nut sledge, and broadleaf weeds in sugar beets, tobacco and tomatoes		
Pendimethalin (3)				20. (3)	
Permethrin	Ambush Perthrine	Insecticide	Controls a broad range of insects in cotton	20. (3)	
Picloram	Tordon	Herbicide	Controls broadleaf and woody plants in pastures and rangeland	500.	
Prometon	Gesagram	Herbicide	Controls perennials, broadleaf weeds, and grasses in non-crop areas	-	
Prometryn	Gesagard Caparol	Herbicide	Controls weeds in cotton, peas, carrots, and vegetables	-	
Pronamide	Kerb	Herbicide	Controls weeds and grass in lettuce, legumes, and trees	-	
Propachlor	Bexton Ramrod	Herbicide	Controls grasses and certain broadleaf weeds	-	
Propanil	Rogue	Herbicide	Controls weeds in rice and 20. (3) and potatoes	20. (3)	
Propazine	Gesomil Milogard Primatol P	Herbicide	Controls annual broadleaf weeds and grasses in sorghum	-	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Propham	IPC Beet-Kleen	Herbicide	Controls weeds in alfalfa, lettuce, spinach, sugar beets, lentils, and peas	-	
Pyridate (3)			100. (3)	100. (3)	
Simazine	Princep Aquazine Gesatop Weedex	Herbicide	Controls annual grasses and 1. weeds in crops, especially 2. (3) maize, and fruit such as citrus, asparagus, and nuts	1. 2. (3)	
Simetryn	Gy-bon	Herbicide	Controls broadleaf weeds in rice	-	
Stirofos	Gardona Tetrachlorvinphos	Insecticide	Controls insects on maize, cotton, vines, and fruit	-	
Swep	SWEP	Herbicide	Controls weeds on rice, maize, peas, and groundnuts	-	
2,4,5-T (Trichloropheno-xyacetic acid)	Weedone	Herbicide	Controls woody plants in 9. (3) industrial areas	9. (3)	
Tebuthiuron	Graslan Spike	Herbicide	Controls vegetative weeds in non-crop and rangeland	-	
Terbacil	Sinbar	Herbicide	Controls annual and perennial weeds in sugar can, alfalfa, apples, peaches, citrus, pecans and mint	-	
Terbufos	Counter	Insecticide	Controls soil insects and nematodes on maize, vegetables, and sorghum	-	
Terbutryn	Igram Preban	Herbicide	Controls weeds in winter wheat and barley	-	
Toxaphene (2)					5. (2)
2,4,5-TP (Trichloropheno l)	Silvex	Herbicide	Controls weeds and brush in 50. rangeland, sugar cane, and rice	50.	
Triademefon	Bayleton	Fungicide	Controls mildew and rusts on vegetables, cereals, coffee, and fruit	-	

Pesticide	Common or Trade Name	Type	Principal Use	Drinking Water Level (µg/l)	Fish & Shellfish Tissue (mg/kg)
Tricyclazole	Beam Bim Blascide	Fungicide	Controls fungus in seeded rice	-	
Trifluralin	Treflan	Herbicide	Controls annual grasses, weeds in soy beans, cotton, and vegetables	20. (3)	
Vernolate	Vernam	Herbicide	Controls broadleaf and grassy weeds	-	

انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

شماره	نام کتاب
۱	فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی
۲	تحلیلی بر راندمانهای آبیاری
۳	سالنامه سال ۱۳۷۳
۴	سالنامه سال ۱۳۷۴
۵	دستورالعمل‌های کم آبیاری
۶	مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۷	مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۸	مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۹	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی و عوامل مؤثر در آن
۱۰	آبیاری موجی
۱۱	آشنایی با آبیاری کابلی
۱۲	مدیریت محلی سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۳	راهنمای ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
۱۴	مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۱۵	راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی
۱۶	معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن – مانتیس
۱۷	Water and Irrigation Techincs in Ancient IRAN
۱۸	تلاش ایرانیان در تأمین و مدیریت توزیع آب
۱۹	تحلیلی بر ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های آبیاری و زهکشی
۲۰	تجارب جهانی مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری
۲۱	مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۲۲	مفاهیم زهکشی و شوری آب و خاک
۲۳	مجموعه مقالات کارگاه مسائل و مشکلات اجرای شبکه‌های زهکشی
۲۴	معیارهای انتخاب سیستم‌های آبیاری
۲۵	فن سنجش از دور در آبیاری و زهکشی
۲۶	استفاده از آب‌های شور و لب شور برای آبیاری
۲۷	مجموعه مقالات همایش مشارکت کشاورزان در مدیریت شبکه‌های آبیاری
۲۸	مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری
۲۹	فرهنگ آب و آبیاری سنتی
۳۰	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۳۱	چاره آب در تاریخ فارس
۳۲	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی مدیریت استفاده از آب‌های شور
۳۳	جنبه‌های مالی مدیریت آب
۳۴	عرضه و تقاضای آب در جهان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۵ «سناریوها و مسائل»
۳۵	تدارک برای انجام پروژه‌های کوچک آبیاری
۳۶	خلاصه مقالات کارگاه فنی – آموزشی کم آبیاری
۳۷	مجموعه مقالات کارگاه فنی – آموزشی آبیاری میکرو

۳۸	مجموعه مقالات دهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران
۳۹	مجموعه کارگاه فنی ساخت کانال‌های آبیاری، محدودیت‌ها و راه حل‌ها
۴۰	راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
۴۱	مجموعه مقالات کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب
۴۲	مجموعه مقالات دومین کارگاه فنی زهکشی
۴۳	مدیریت کیفیت زه‌آب‌های کشاورزی
۴۴	نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی
۴۵	انسان و آب
۴۶	چاره آب در تاریخ فارس (جلد دوم)
۴۷	استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشاورزی
۴۸	CD کتاب‌ها و نشریات مؤسسات بین‌المللی
۴۹	راهنمای مقابله با خشکسالی
۵۰	مجموعه مقالات کارگاه آموزشی کاربرد اینترنت در آبیاری
۵۱	مجموع مقالات همایش تاریخ آب و آبیاری کشور
۵۲	سومین کارگاه فنی ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی
۵۳	مجموعه مقالات همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آبهای سطحی و زیرزمینی
۵۴	لوح فشرده فرهنگ فنی آبیاری و زهکشی (انگلیسی- فرانسه)
۵۵	رهنمودهای انتقال مدیریت خدمات آبیاری
۵۶	راهنمای پایش و ارزشیابی انتقال مدیریت آبیاری
۵۷	زهکشی؛ کمیت و کیفیت جریان برگشتی
۵۸	واکنش گیاهان به شوری
۵۹	نگرشی بر مسائل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران
۶۰	برنامه‌ریزی مدیریت، بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۱	بررسی و مقایسه تطبیقی روش پنمن- مانتیس با روش‌های فائو ۲۴ در ایران
۶۲	لوح فشرده نرم‌افزارهای مرتبط با آبیاری و زهکشی (نسخه شماره ۲)
۶۳	مدیریت آب در کشاورزی؛ پیامدهای اقتصادی- اجتماعی
۶۴	قیمت‌گذاری آب آبیاری: بررسی ادبیات موضوع
۶۵	دانشنامه مشاهیر فنون آب و آبیاری و سازه‌های آبی
۶۶	لوح فشرده مجموعه مقالات کنفرانس‌های بین‌المللی
۶۷	مجموعه مقالات کارگاه تخصصی مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی
۶۸	استاندارد ادوات و تجهیزات آبیاری تحت فشار
۶۹	استفاده از آب شور در کشاورزی پایدار
۷۰	نظریه‌ها و مدل‌های زهکشی
۷۱	مدیریت نوین آبیاری و تأثیر آن بر عملکرد شبکه‌های آبیاری
۷۲	آبیاری در مقیاس کوچک در مناطق خشک، اصول و روش‌ها
۷۳	نگرشی بر روند توسعه و چشم‌انداز آبیاری تحت فشار در ایران
۷۴	مهار آلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی
۷۵	استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی
۷۶	مدیریت آب آبیاری در مزرعه
۷۷	ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار برمبنای تقاضا

Control of water pollution from agriculture

FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 55

Iranian National Committee on
Irrigation and Drainage (IRNCID)

۶۲۸/۵۱
آ ۸۶۴
ن ۱۰

Food and Agriculture Organization of the United Nations

No.74-2003
ISBN:964-6668-42-9
شابک:۹-۴۲-۶۶۶۸-۹۶۴