



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی ساری



سازمان جهاد کشاورزی
مازندران

بررسی آلودگی آب و خاک استان

پاییز ۱۴۰۱

بسم الله الرحمن الرحيم

شناسنامه گزارش

۱	عنوان گزارش	تهیه و تدوین سند کشاورزی استان مازندران
۲	عنوان بخش	بررسی آلودگی آب و خاک استان
۳	شماره قرارداد	۱۴۰۰/ب/۶۲۱۰۸
۴	کارفرمای پروژه	سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران
۵	مجری پروژه	—
۶	مشاور پروژه	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۷	تاریخ	پاییز ۱۴۰۱

تولید کلید حل مشکلات اقتصادی کشور است.
تولید ملی در واقع راه اصلی عبور از سختی‌های و
دشواری‌های اقتصادی است.

از بیانات مقام معظم رهبری



در توسعه کشاورزی باید نیروی انسانی تحول‌گرا،
جوان، باانگیزه و متعهد مورد استفاده قرار گیرد تا
ظرفیت‌های بزرگ کشور در حوزه کشاورزی فعالیت
پیدا کند.

**سخنرانی دکتر رئیسی ریاست محترم
جمهوری در وزارت جهاد کشاورزی**



مشکلات بخش کشاورزی و همچنین مشکلات
اقتصادی کشور فراوان است و ما به همراه تشکل‌ها،
نخبگان، صاحب‌نظران و فعالان بخش اعتقاد داریم
که با تحول در بخش کشاورزی می‌توانیم به تولید
پایدار و اقتصادی دست پیدا کنیم.

**دکتر سید جواد ساداتی نژاد وزیر محترم
جهاد کشاورزی**





فهرست

- ۱- مقدمه..... ۱
- ۱-۱- استاندارد آب کشاورزی چیست؟..... ۱
- ۱-۱-۱- استانداردهای مربوط به مصارف آبیاری..... ۲
- ۱-۱-۲- استاندارد مربوط به شوری:..... ۲
- ۱-۱-۳- استاندارد مربوط به روش‌های آبیاری..... ۴
- ۱-۱-۴- استانداردهای مربوط به شاخص‌های میکروبیولوژیکی:..... ۵
- ۱-۱-۵- استانداردهای مربوط به استفاده در آبیاری فضای سبز..... ۵
- ۱-۱-۶- استانداردهای مربوط به کیفیت شیمیایی و فلزات سنگین..... ۵
- ۱-۱-۷- غلظت مواد محلول **tds** آب کشاورزی:..... ۹
- ۱-۱-۸- تأثیر کدر بودن آب در مناسب بودن آب کشاورزی..... ۹
- ۱-۱-۹- تأثیر سختی آب در آب کشاورزی..... ۱۰
- ۱-۱-۱۰- **PH** خاک و میزان تأثیر آن بر کیفیت آب کشاورزی..... ۱۰
- ۱-۱-۱۱- جلبک‌ها و گیاهان آبی و نقش آن‌ها در استاندارد کیفیت آب کشاورزی..... ۱۱
- ۱-۱-۱۲- سمی بودن خاک..... ۱۱
- ۱-۲- فعالیت‌های کشاورزی و اثرات سوء آن‌ها بر کیفیت منابع آب..... ۱۲
- ۱-۳- شاخص‌های قابل بررسی جهت تخمین انتشار آلاینده‌های کشاورزی..... ۱۳
- ۱-۴- پساب‌های بخش کشاورزی..... ۱۵
- ۱-۴-۱- مصارف کود و سموم دفع آفات در بخش کشاورزی..... ۱۵
- ۲- آلودگی بخش خاک..... ۱۸
- ۲-۱- مقایسه برخی شاخص‌های مربوط به فلزات سنگین در خاک استان مازندران با استان‌های هم‌جوار..... ۱۸



جداول

- جدول ۱- طبقه‌بندی آب‌ها از نظر شوری در آبیاری..... ۳
- جدول ۲- میزان تحمل گیاهان نسبت به سدیم..... ۳
- جدول ۳- میزان تحمل و اُفت تولید گیاهان در برابر کلرید..... ۳
- جدول ۴- غلظت آستانه یون بر برای گیاهان مختلف..... ۴
- جدول ۵- استانداردهای کیفی در زمینه فلزات سنگین طبق معیارهای جهانی..... ۶
- جدول ۶- حد مجاز کیفیت باکتریولوژیک آب برای کاربری کشاورزی (منبع و بسایت سازمان محیط‌زیست)..... ۱۱
- جدول ۷- پتانسیل ایجاد آلودگی منابع آب توسط فعالیت‌های مختلف کشاورزی..... ۱۳
- جدول ۸- اراضی زیر کشت، آب مورد نیاز آبیاری، میزان مصرف کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات استان..... ۱۵
- جدول ۹- میزان برداشت آب زیرزمینی و شوری آن برای مصارف کشاورزی در دشتهای مختلف استان در سال..... ۱۵
- جدول ۱۰- مقدار کل برخی از عناصر سنگین در خاکهای استان مازندران و برخی از استانهای کشور..... ۲۳



۱- مقدمه

امروزه کاربرد پساب در کشاورزی در بسیاری از کشورهای جهان رایج است. در ایران نیز در سال‌های اخیر، به دلیل محدودیت منابع آب، افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، صنایع و کشاورزی و همچنین توسعه و اجرای طرح‌های متعدد جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، کاربرد پساب در اراضی کشاورزی اهمیت ویژه‌ای یافته و در اولویت‌های برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب قرار دارد.

گرچه از قرن ۱۹ استفاده از فاضلاب در کشاورزی رواج داشته است ولی تا اوایل قرن بیستم این کار تابع هیچ مقرراتی نبوده است. از آن زمان به علت مشخص شدن اثرات بیماری‌زایی فاضلاب، استفاده از آن در کشاورزی طبق دستورالعمل‌های محدودکننده‌ای صورت گرفته است تا از این طریق سلامت مردم تضمین شود.

۱۹۱۸: اولین استاندارد استفاده از پساب در ایالت کالیفرنیا آمریکا تدوین شد.

چند سال بعد: سازمان بهداشت جهانی (WHO)

۱۹۸۹: استانداردهای بازمی‌یابی شده سازمان بهداشت جهانی تحت عنوان (راهنمای بهداشتی کاربرد فاضلاب در کشاورزی

و آبی‌پرووری) منتشر شد.

۱۹۹۲: سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) استانداردهایی برای استفاده از پساب منتشر نمود

۱۳۷۳: سازمان حفاظت محیط زیست ایران مجموعه استاندارد خروجی فاضلاب‌ها را براساس سه محیط پذیرنده (آب

سطحی، کشاورزی، آب‌های زیرزمینی) منتشر کرد.

FAO و NAS: نیز در این مورد مطالعاتی انجام داده و استانداردهایی را برای استفاده از فاضلاب‌های تصفیه‌شده جهت

آبیاری در کشاورزی تدوین و منتشر نمود.

۱-۱- استاندارد آب کشاورزی چیست؟

استفاده از آب‌های بی‌کیفیت موجب افزایش شوری خاک، کاهش نرخ نفوذ آب و سمی شدن خاک می‌شود که

مشکلات فراوانی از جمله کاهش سطح تولید را برای کشاورزان به ارمغان می‌آورد.

پارامترهای کیفی آب کشاورزی

کیفیت آب آبیاری به خصوصیات از یک منبع آبی اشاره دارد که مناسب بودن آن را با استاندارد آب آبیاری کشاورزی

مشخص می‌کند. به این معنی که آیا از آب در دسترس می‌توان برای آبیاری مزارع و محصولات کشاورزی استفاده کرد؟

شاخص جدول استاندارد کیفیت آب کشاورزی با ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاصی تعریف می‌شود.



برای تعیین کیفیت آب مناسب کشاورزی، آب موجود باید مورد آزمایش قرار گرفته تا بینیم چگونه متناسب با استاندارد کیفی آب آشامیدنی می‌توان از آن آب در آبیاری استفاده کرد. بر اساس تحقیقات، تجربیات و پاسخ‌های اندازه‌گیری شده در مراکز علمی و دانشگاهی، استانداردهای خاصی را برای کیفیت آب کشاورزی تعریف کرده‌اند که کیفیت آب آبیاری را برحسب آن‌ها مشخص می‌کنند.

۱-۱-۱- استانداردهای مربوط به مصارف آبیاری

استانداردها و ضوابط ارائه‌شده در این خصوص را می‌توان به‌صورت زیر طبقه‌بندی نمود:

۱. استانداردهای مربوط به شوری
۲. استانداردهای مربوط به یون‌های ویژه
۳. استانداردهای مربوط به روش‌های آبیاری
۴. استانداردهای مربوط به شاخص‌های میکروبیولوژیکی
۵. استانداردهای مربوط به استفاده در آبیاری فضای سبز
۶. استانداردهای مربوط به کیفیت شیمیایی و فلزات سنگین

۱-۱-۲- استاندارد مربوط به شوری:

هدایت الکتریکی EC مجاز آب کشاورزی:

EC را هدایت الکتریکی یا میزان شوری آب نیز می‌نامند EC. به میزان املاح موجود در آب بستگی دارد، هرچقدر این املاح بیشتر باشد، EC یا شوری افزایش می‌یابد. شوری به میزان غلظت نمک‌های محلول در آب گفته می‌شود. که موجب تجمع نمک با غلظت معین در اطراف ریشه شده و به کاهش عملکرد و بازده محصول منجر می‌گردد. وقتی سطح نمک آب بالا می‌رود، جذب آب توسط ریشه به‌شدت سخت می‌شود. این امر موجب استرس آبی در گیاه، تغییر رنگ به سمت تیرگی، پژمردگی و حتی خشکی گیاه می‌شود.

عوامل مؤثر بر کیفیت آب در کشاورزی

شوری

کدورت

سختی

اسیدیته (pH)

جلبک‌ها و گیاهان آبی

سمی شدن



-حد مجاز شوری آب کشاورزی

شوری به ۴ دسته زیر تقسیم می شود:

شوری کم: شوری کمتر از ۲۵۰ میکرو موس بر سانتی متر که برای کشت بسیاری از گیاهان مناسب است.

شوری متوسط: گیاهانی که به شوری حساس هستند باید با مقدار آب بیشتری آبیاری شوند.

شوری زیاد: استفاده از این آب ها تنها در گیاهان مقاوم به شوری و خاک های با زهکشی بالا ممکن است.

شوری بسیار زیاد: شوری بیشتر از ۲۲۵۰ میکرو موس بر سانتی متر است و برای بسیاری از گیاهان مناسب نیست.

در جدول ۱ تا ۴ طبقه بندی آب های شور و استاندارد یون های ویژه برای مصارف آبیاری آورده شده است.

جدول ۱- طبقه بندی آب ها از نظر شوری در آبیاری

نام گروه	غلظت نمک میلی گرم بر لیتر	هدایت الکتریکی میکروزیمنس بر سانتی متر	ملاحظات و توصیه ها
غیر شور ^۱	<۵۰۰	<۷۰۰	این آب ها در هر نوع بافت خاک برای آبیاری همه گیاهان قابل استفاده اند. در شرایط بارندگی کم، آیشویی زمستانه توصیه می شود.
کم شور ^۲	۱۵۰۰-۵۰۰	۲۵۰۰-۷۰۰	در خاک های دارای بافت سبک و متوسط بی خطرند. در خاک های رسی، آیشویی نمک ها و زهکشی باید انجام شود.
لب شور ^۳	۵۰۰۰-۱۵۰۰	۸۰۰۰-۲۵۰۰	در خاک های سبک با یک بار آیشویی زمستانه همراه باشد. در خاک های بافت متوسط و سنگین آیشویی نمک ها در هر نوبت آبیاری انجام شود و در این خاک ها برای محصولات حساس به شوری به کار نرود. در مرحله جوانه زنی، حتی المقدور از آب های غیر شور یا کم شور استفاده شود.
شور ^۴	۸۰۰۰-۵۰۰۰	۱۲۰۰۰-۸۰۰۰	برای گیاهان حساس به شوری در هیچ خاکی به کار نرود. در همه خاک ها آیشویی نمک ها همراه با هر آبیاری انجام شود. در مرحله جوانه زنی از آب های غیر شور و کم شور استفاده شود. در همه موارد از کاربرد این آب ها در خاک هایی که زهکشی خوبی ندارند خودداری گردد.
خیلی شور ^۵	۱۳۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰۰۰-۱۲۰۰۰	فقط در موارد استثنایی (گیاهان یا ارقام مقاوم به شوری + خاک های سبک با زهکشی خوب) یا در شرایط اضطراری (خشکسالی) در دفعات کم استفاده از این آب ها مجاز است.
ابر شور ^۶	>۱۳۰۰۰	>۲۰۰۰۰	غیرمجاز برای آبیاری.

استاندارد مربوط به یون های ویژه

جدول ۲- میزان تحمل گیاهان نسبت به سدیم

مقاوم	نسبتا حساس	حساس
یونجه، جو، چغندر، چغندر قند، علف برمودایی، کتان،	هویج، مرکبات، نیشکر، یولاف، پیاز، تربچه، برنج، چاودار، سورگوم، اسفناج، سیب زمینی، باقلا، گندم	مارچوبه، آجیل، لوبیا سبز، کتان، ذرت علوفه ای، نخود فرنگی، گریپ فروت، پرتقال، هلو، نارنگی، ماش، عدس، بادام زمینی، باقلا، لوبیا چشم بلبلی

جدول ۳- میزان تحمل و اُفت تولید گیاهان در برابر کلرید



گیاه	غلظت آستانه برای کلرید میلی مول بر لیتر	شیب افت تولید (%) به ازای هر میلی مول بر لیتر	گیاه	غلظت آستانه برای کلرید میلی مول بر لیتر	شیب افت تولید (%) به ازای هر میلی مول بر لیتر
خیار	۲۵	۱/۳	هویج	۱/۴	۱۰
گوچه فرنگی	۲۵	۱	تریچه	۱/۳	۱۰
براکلی	۲۵	۹/۱	کاهو	۱/۳	۱۰
کدو	۳۰	۶/۱	ترب	۹/۱	۱۰
توت فرنگی	۳/۳	۱۰	برنج	۱/۲	۳
لوبیا	۱/۹	۱۰	فلفل	۱/۴	۱۵
پیاز	۱/۶	۱۰	شیدر	۱/۲	۱۵
ذرت	۱/۲	۱۵	باقلا	۱۵	۱
سیب زمینی	۱/۲	۱۵	سیب زمینی شیرین	۱۵	۱/۱
کلم	۱۵	۱	اسفناج	۲۰	۸/۱
جعفری	۱۵	۶/۱	یونجه	۲۰	۷/۱
نیشکر	۱۵	۶/۱			

جدول ۴- غلظت آستانه یون بر برای گیاهان مختلف

گیاه	غلظت آستانه بر حسب میلی مول بر لیتر	میزان حساسیت	گیاه	غلظت آستانه بر حسب میلی مول بر لیتر	میزان حساسیت
آفتابگردان	۱۰۰/۷۵	حساس	ترب	۲-۴	نسبتا مقاوم
لوبیا	۱۰۰/۷۵	حساس	جو	۳-۴	نسبتا مقاوم
کنجد	۱۰۰/۷۵	حساس	یولاف	۲-۴	نسبتا مقاوم
توت فرنگی	۱۰۰/۷۵	حساس	ذرت	۲-۴	نسبتا مقاوم
لوبیا قرمز	۱۰۰/۷۵	حساس	تنباکو	۲-۴	نسبتا مقاوم
بادام زمینی	۱۰۰/۷۵	حساس	خردل	۲-۴	نسبتا مقاوم
براکلی	۱	نسبتا حساس	شیدر شیرین	۲-۴	نسبتا مقاوم
فلفل قرمز	۱-۲	نسبتا حساس	کدو	۲-۴	نسبتا مقاوم
نخود	۱-۲	نسبتا حساس	خریزه	۲-۴	نسبتا مقاوم
هویج	۱-۲	نسبتا حساس	گل کلم	۴	نسبتا مقاوم
یونجه	۴-۶	مقاوم	چغندر قند	۹/۴	مقاوم
عدس	۴-۶	مقاوم	گوچه فرنگی	۷/۵	مقاوم
جعفری	۴-۶	مقاوم	سورگم	۴/۷	خیلی مقاوم
چغندر لبوبی	۴-۶	مقاوم			

۳-۱-۱- استاندارد مربوط به روش های آبیاری

مهم ترین استانداردها و راهنمای مربوط به شاخص های کیفی روش های آبیاری، دارای دو بخش می باشد:

الف- کیفیت آب و احتمال گرفتگی قطره چکان ها در آبیاری قطره ای:

استاندارد کیفیت آب برای مصرف در آبیاری تحت فشار، کم بوده (فائو، ۱۹۹۲).



فاکتورهای کیفی در گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سه رده بدون محدودیت، با محدودیت کم تا متوسط و با محدودیت شدید طبقه‌بندی شده است.

البته با توجه به مشخصات فنی متفاوت قطره‌چکان‌ها در کشورها و مناطق مختلف تست حساسیت قطره‌چکان‌هی مناطق مختلف ضروری می‌باشد.

ب- فاکتورهای مؤثر در انتخاب روش آبیاری و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز جهت استفاده از آب‌های برگشتی این راهنما صرفاً به عنوان راهنمایی برای در نظرگیری تمهیدات لازم برای کاهش عوارض بهداشتی و زیست‌محیطی در زمینه استفاده از پساب‌ها و آب‌های برگشتی با انتخاب روش آبیاری مناسب می‌باشد.

۴-۱-۱- استانداردهای مربوط به شاخص‌های میکروبیولوژیکی:

مهم‌ترین استانداردهای مربوط به شاخص‌های میکروبیولوژی به شرح ذیل می‌باشد:

- راهنمای بهداشتی برای کیفیت فاضلاب و پساب‌های تصفیه‌شده در مصارف مختلف کشور استرالیا
 - ضوابط استفاده از آب‌های برگشتی در کالیفرنیا، الزامات کیفی و مراحل تصفیه مورد نیاز
 - کیفیت میکروبیولوژیکی مورد توصیه برای کاربرد فاضلاب‌ها در کشاورزی
- برای کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده در کشاورزی، دو مورد زیر باید رعایت گردد:
- در آبیاری بدون محدودیت، میانگین هندسی تعداد کلی‌فرم‌ها در ۱۰۰ میلی‌لیتر کمتر از ۱۰۰۰ باشد.
 - در آبیاری محدودشده و بدون محدودیت، میانگین حسابی تخم انگل زنده کمتر از ۱ عدد در لیتر باشد.

۵-۱-۱- استانداردهای مربوط به استفاده در آبیاری فضای سبز

مهم‌ترین استانداردها و راهنماهای مربوط به استفاده از پساب‌ها و آب‌های برگشتی در آبیاری فضای سبز به شرح ذیل قابل ارائه می‌باشد:

- جنبه کاربردی: رهنمود کیفی پساب تصفیه‌شده جهت آبیاری فضای سبز (FAO 2002)
- جنبه زیست‌محیطی: راهنمای پیشنهادی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا جهت استفاده مجدد از پساب‌ها در آبیاری

۶-۱-۱- استانداردهای مربوط به کیفیت شیمیایی و فلزات سنگین

استانداردهای کیفی مورد استفاده در کشورهای مختلف از تفاوت زیادی برخوردار بوده و این تفاوت به ویژه در زمینه فلزات سنگین از دامنه وسیع‌تری برخوردار می‌باشد (جدول ۵).



جدول ۵- استانداردهای کیفی در زمینه فلزات سنگین طبق معیارهای جهانی

شماره	مواد آلوده کننده	علامت اختصاری	واحد	WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO
۱	نقره	Ag	mg/l	-	۰/۰۵	۰/۱	-	-
۲	آلومینیم	Al	mg/l	۵	۱	۵	۵	۵
۳	آرسنیک	As	mg/l	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
۴	بُر	B	mg/l	۰/۷	۱	۱	-	۰/۷
۵	باریم	Ba	mg/l	-	۱	۱	-	-
۶	بریلیوم	Be	mg/l	۰/۰۱	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۱

شماره	مواد آلوده کننده	علامت اختصاری	واحد	WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO
۷	کلسیم	Ca	mg/l	-	۲۰۰	-	-	-
۸	کادمیوم	Cd	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱
۹	کلر آزاد	Cl	meq/l	-	۰/۲۸	۰/۲	-	-
۱۰	کلراید	Cl ⁻	meq/l	۳	۲,۸	۶	۲,۸	۴
۱۱	فرم آلدئید	CH ₂ O	mg/l	-	-	۱	-	-
۱۲	فنل	C ₆ H ₅ OH	mg/l	-	-	۱	-	-

شماره	مواد آلوده کننده	علامت اختصاری	واحد	WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO
۱۳	سیانور	CN	mg/l	-	-	۰/۱	-	-
۱۴	کبالت	Co	mg/l	-	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
۱۵	کروم	Cr ⁶⁺	mg/l	۰,۱	۰,۱	۱	۰,۱	۰,۱
۱۶	کروم	Cr ³⁺	mg/l	-	-	۲	-	-
۱۷	مس	Cu	mg/l	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
۱۸	فلوراید	F	mg/l	۱	-	۲	۱	۱



شماره	مواد آلوده کننده	علامت اختصاری	واحد	WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO
۱۹	آهن	Fe	mg/l	۵	۵	۳	۵	۵
۲۰	جیوه	Hg	mg/l	-	۰/۰۱	ناچیز	-	-
۲۱	لیتیم	Li	mg/l	۲,۵	۵	۲,۵	۲,۵	۲,۵
۲۲	منیزیم	Mg	mg/l	-	۲۵	۱۰۰	-	-
۲۳	منگنز	Mn	mg/l	۰,۲	۰,۲	۱	۰,۲	۰,۲
۲۴	مولیبدن	Mo	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

شماره	مواد آلوده کننده	علامت اختصاری	واحد	WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO
۱۹	آهن	Fe	mg/l	۵	۵	۳	۵	۵
۲۰	جیوه	Hg	mg/l	-	۰/۰۱	ناچیز	-	-
۲۱	لیتیم	Li	mg/l	۲,۵	۵	۲,۵	۲,۵	۲,۵
۲۲	منیزیم	Mg	mg/l	-	۲۵	۱۰۰	-	-
۲۳	منگنز	Mn	mg/l	۰,۲	۰,۲	۱	۰,۲	۰,۲
۲۴	مولیبدن	Mo	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

شماره	مواد آلوده کننده	علامت اختصاری	واحد	WHO	EPA	IRNDOE	NAS	FAO
۱۹	آهن	Fe	mg/l	۵	۵	۳	۵	۵
۲۰	جیوه	Hg	mg/l	-	۰/۰۱	ناچیز	-	-
۲۱	لیتیم	Li	mg/l	۲,۵	۵	۲,۵	۲,۵	۲,۵
۲۲	منیزیم	Mg	mg/l	-	۲۵	۱۰۰	-	-
۲۳	منگنز	Mn	mg/l	۰,۲	۰,۲	۱	۰,۲	۰,۲
۲۴	مولیبدن	Mo	mg/l	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱



شماره	مواد آلوده کننده	علامت اختصاری	واحد	WHO	EPA	IRNDO E	NAS	FAO
۳۷	شوری	EC	ds/m	۰/۷	۰/۷	-	-	۰/۷
۳۸	اکسیژن خواهی بیولوژیک	BOD5	mg/l	-	۳۰	۱۰۰	-	-
۳۹	اکسیژن خواهی شیمیایی	COD	mg/l	-	۱۲۰	۲۰۰	-	-
۴۰	اکسیژن محلول (حداقل)	DO	mg/l	-	-	۲	-	-
۴۱	مجموع مواد جامد محلول	TDS	mg/l	۴۵۰	-	-	-	۴۵۰
۴۲	مجموع مواد جامد معلق	TSS	mg/l	-	۵	۱۰	-	-
۴۳	مواد قابل ته نشینی	SS	mg/l	-	۳۰	-	-	-
۴۴	نسبت جذب سدیم	SAR	-	۳	-	-	-	۳
۴۵	اسیدیته	pH	-	۸/۵-۶	۸/۴-۶	۸/۵-۶	-	۸/۵-۶
۴۶	کدورت		NTU	-	۲	۵۰	-	-

جریان مورد نیاز برای حفظ زیستگاه گونه‌های مختلف موجودات آبرزی و گیاهان، به‌طوری که روند حیات آن‌ها حفظ شود را حداقل جریان زیست‌محیطی گویند. شاید بتوان گفت که مهمترین نگرانی مردم و دولت‌ها از گذشته تاکنون مسئله آب و نیاز به ذخیره آن بوده است که از نقطه نظر کمی و کیفی، بستر و هادی توسعه همه جانبه است لذا از دیرباز احداث سد به عنوان یک راه حل مناسب برای تأمین آب جهت مصارف کشاورزی، شرب و صنعت، کنترل سیلاب، تولید انرژی برقابی، کنترل کیفی و ... شناخته شده است. ولی باید اذعان کرد که تقریباً هیچ سدی نیست که دارای مسئله و مشکل زیست‌محیطی نباشد. سد با متوقف کردن جریان رودخانه و ذخیره آب می‌تواند به عنوان یک عامل ناپایداری در حد توان تحمل محیط زیست نباشد. ساخت غیر اصولی سدها، مسائل زیست‌محیطی فراوانی از قبیل موارد زیر را به دنبال دارد.



۷-۱-۱- غلظت مواد محلول tds آب کشاورزی:

یکی از مهم ترین شاخص های تشخیص کیفیت آب کشاورزی، غلظت کل مواد محلول است. نمک های محلول در آب با شوری خاک در ارتباط هستند و بر این اساس رشد گیاه، عملکرد و کیفیت محصولات از کل نمک های محلول در آب تأثیر می پذیرد.

۸-۱-۱- تأثیر کدر بودن آب در مناسب بودن آب کشاورزی

- ذرات جامد معلق در آب TSS مانند رس، سیلت، مواد ارگانیک موجب کدر شدن رنگ آب می شوند. این مواد موجب رسوب گذاری در لوله ها، تانک ها، گرفتگی نازل های آب پاش و سیستم آبیاری میکرو و همچنین بی اثر شدن سیستم های کلرزنی و کاهش اثر علف کش ها می شود.
- کدر بودن آب را می توان به وسیله ی میزان نوری که از داخل نمونه آب عبور می کند، مشاهده کرد.
- کدورت توسط (NTU واحدهای کدورت نفلومتری) اندازه گیری می شود. مقدار NTU آب زلال تقریباً برابر یک است، اگر آب کمی کدر شود این مقدار به ۱۰ NTU می رسد و در صورت کدر بودن شدید آب مقدار آن ۵۰ NTU خواهد شد. به منظور اینکه در لوله ها، تانک ها و سیستم های آب گرم، لجن جمع نشود، کدورت آب باید زیر ۵ NTU بماند.



۹-۱-۱- تأثیر سختی آب در آب کشاورزی

مواد معدنی و آلی موجود در آب مانند کلسیم، منیزیم و سدیم موجب تضعیف خاک شده و ساختار خاک را به ذرات کوچکتر پراکنده می‌کنند که این خود موجب مسدود شدن منافذ خاک می‌گردد تا آبیاری به تمام قسمت‌های گیاه نرسد و مشکلاتی از قبیل پوسته‌پوسته شدن بذر، به وجود آمدن علف‌های هرز زیاد، غرق شدن محصول، اختلالات تغذیه‌ای، غده‌های زراعی ضعیف در مناطق مرطوب و کم ارتفاع و... را ایجاد می‌کند

انواع سختی آب

- سختی کمتر از ۶۰: نرم، اما احتمال بروز خوردگی را دارد.
- سختی ۶۰-۲۰۰: سخت، اما برای اکثر مصارف قابل قبول است.
- سختی ۲۰۰-۵۰۰: خیلی سخت با مشکلات خوردگی فزاینده
- سختی بیشتر از ۵۰۰: به شدت سخت، پوسته‌پوسته شدن شدید.

۱۰-۱-۱- PH خاک و میزان تاثیر آن بر کیفیت آب کشاورزی

پی اچ میزان اسیدی یا قلیایی بودن آب را نشان می‌دهد که بین ۰-۱۴ می‌باشد. قرائت‌های زیر ۷ اسیدی و بالای ۷ قلیایی هستند. مقدار صفر به معنای بیشترین حالت اسیدی و مقدار ۱۴ بیشترین مقدار قلیایی است. میزان pH آب مقطر برابر ۷ است که به عنوان حالت خنثی در نظر گرفته می‌شود pH. میزان نسبی یون‌های هیدروژن (H^+) و هیدرواکسید (OH^-) را در یک محلول بیان می‌کند.

کیفیت آب آبیاری برای آبیاری محصولات کشاورزی باید شامل آبی با پی اچ در محدوده ۶/۵ تا ۸/۵ باشد. در pH های زیر ۶/۵ خوردگی در لوله‌ها و اتصالات اتفاق می‌افتد. پوسته شدن در مقادیر بالای ۸/۵ و خوردگی در مقادیر بیش از ۱۱ نیز اتفاق می‌افتد. همچنین میزان pH روی عملکرد برخی از مواد شیمیایی که در کشاورزی استفاده می‌شوند، اثر می‌گذارد. بنابراین باید قبل از استفاده از مواد شیمیایی در مزرعه، ابتدا دستورالعمل شرکت سازنده آن را مطالعه شود تا از ترکیب آن مواد با منابع آب معمولی اطمینان حاصل گردد. در زمینه اصلاح خاک‌های اسیدی و قلیایی باید گفت: معمولاً pH خاک خیلی قابل تغییر نیست و بهتر است گیاهان متناسب با pH خاک انتخاب و کشت شوند.

باین حال در خاک‌های اسیدی برای افزایش pH از آهک استفاده می‌کنند. همچنین در خاک‌های قلیایی برای کاهش pH از موادی مانند اسیدسولفوریک و اسیدکلریدریک استفاده می‌شود. البته برای کاهش خطرات استفاده از اسیدها از گوگرد نیز استفاده می‌شود. گوگرد در خاک توسط باکتری‌های تیوباسیلوس اسیدسولفوریک تولید می‌کند که باعث اسیدی شدن pH خاک می‌شود.

یکی دیگر از راه‌های اسیدی کردن خاک استفاده از کودهای ماکرو و میکرو به شکل سولفات است.



۱-۱-۱- جلبک‌ها و گیاهان آبی و نقش آن‌ها در استاندارد کیفیت آب کشاورزی

جلبک‌ها و گیاهان آبی بخشی از طبیعت هستند که نقش مهمی در زیست‌بوم دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، اراضی آبخیز و سدهای کشاورزی ایفا می‌کنند. با این حال رشد بی‌رویه جلبک‌ها و گیاهان آبی می‌تواند منجر به گرفتگی لوله‌ها و بروز مشکلاتی برای کشاورزان گردد.

۱-۱-۱۲- سمی بودن خاک

اگر میزان یون‌های معینی از قبیل: سدیم، کلراید و بور موجود در آب به غلظت خاصی برسند موجب سمی شدن خاک، تخریب گیاه و در نتیجه کاهش بازده محصول خواهد شد. برآورد میزان خسارت به میزان جذب و درجه حساسیت محصول بستگی دارد. برای مثال محصولات دائمی مانند درختان حساس‌تر هستند. اگر تجمع این یون‌ها بیش از حد زیاد باشد می‌تواند موجب سوختگی برگ درختان تا آسیب‌های جدی و حتی نابودی درخت شود. سمی شدن همچنین می‌تواند از جذب مستقیم یون‌های سمی از طریق برگ‌های مرطوب شده توسط آبیاری نیز ایجاد شود. سدیم و کلراید یون‌های اصلی جذب شده در برگ‌ها می‌باشند. در جدول ۶ میزان حد مجاز کیفیت باکتریولوژیک آب برای کاربری کشاورزی آورده شده است.

جدول ۶- حد مجاز کیفیت باکتریولوژیک آب برای کاربری کشاورزی (منبع وبسایت سازمان محیط‌زیست)

گروه	نوع محصولات	نماتدهای روده‌ای	کلیفرم مدفوعی
		(میانگین حسابی تعداد در لیتر)	(میانگین هندسی تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر)
الف	محصولاتی که خام مصرف می‌شوند، زمین‌های ورزشی، پارک‌های عمومی	کمتر یا مساوی یک	کمتر یا مساوی ۱۰۰۰
ب	غلات، محصولات صنعتی، علوفه، چراگاه‌ها و درختان	کمتر یا مساوی یک	محدودیتی تعیین نشده است.



محدودیتی تعیین نشده است	محدودیتی تعیین نشده است.	محصولات گروه "ب" در صورت عدم مواجهه کارگران و عموم	ج
-------------------------	--------------------------	--	---

هدف این بخش تلاش برای ارائه الگوی کشت متناسب با کیفیت آب در منطقه است که با توجه به آمار کیفیت آب در سه طبقه متوسط، ماکزیمم و مینیمم شوری تقسیم شده است. ارائه الگوی پر جزئیات نیازمند انجام مطالعات برای پهنه‌بندی کیفیت آب کشاورزی است و در این بخش عمده تحلیل‌های صورت گرفته بر مبنای شوری متوسط آب خواهد بود.

۲-۱- فعالیت‌های کشاورزی و اثرات سوء آن‌ها بر کیفیت منابع آب

به‌طور کلی فعالیت‌های گوناگون کشاورزی، اثرات متفاوتی را بر کیفیت منابع آب دارا می‌باشند. انواع فعالیت‌های مختلف کشاورزی نظیر شخم‌زنی-بذرپاشی یا نشاکاری، کود دادن، پخش فضولات دامی، آفت‌کش‌ها، آبیاری، پاک‌تراشی، کشت درون آب و ... هرکدام به نوعی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. علاوه بر این آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم اثرگذار بر سلامت انسان نیز می‌باشند.

با توجه به این‌که زه‌آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی در مسیر انتقال به منابع آب سطحی و زیرزمینی با سطح خاک بستر در تماس می‌باشند، لذا دامنه وسیعی از انواع آلاینده‌ها را (علاوه بر آنچه خود مستقیماً تولید می‌نمایند) دربر می‌گیرد. بنابراین می‌توان چنین اذعان نمود که اثرات ناشی از فعالیت‌های کشاورزی بر کیفیت منابع آبی انواع مختلفی دارد. به منظور آشنایی بیشتر، پتانسیل ایجاد آلودگی توسط فعالیت‌های مختلف و مرتبط با کشاورزی در جدول ۷ آورده شده است.



جدول ۷- پتانسیل ایجاد آلودگی منابع آب توسط فعالیت‌های مختلف کشاورزی

نوع فعالیت کشاورزی	اثرات	
	منابع آب سطحی	منابع آب زیرزمینی
شخم‌زنی، کشت، بذرپاشی و نشاکاری	رسوب‌گذاری و کدورت، حمل ترکیبات فسفر و آفت‌کش‌ها توسط رسوبات، ته‌نشست گل‌ولای در بستر رودخانه‌ها و از بین رفتن زیستگاه طبیعی آن برای تخم‌ریزی آبزیان و...	-
کوددهی	تولید رواناب مواد مغذی به‌خصوص فسفر که منجر به مغذی شدن آب‌ها شده و باعث ایجاد طعم و بوی بد و رشد بیش از حد جلبک‌ها در منابع آبی می‌گردد. اکسیژن زدایی و مرگ ماهیان از دیگر اثرات آن است.	نفوذ نترات در آب‌های زیرزمینی که حد بالای آن تهدیدی برای سلامت عمومی به شمار می‌رود.
پخش فضولات دامی	به‌عنوان یک روش در غنی‌سازی زمین به کار می‌رود. پخش فضولات در زمین یخ زده منجر به بالا رفتن حد آلودگی و نفوذ عوامل بیماری‌زا، فلزات، فسفر و نیتروژن در منابع آب پذیرنده می‌شود که به نوبه خود باعث پدیده مغذی شدن و آلودگی بیشتر می‌گردد.	آلودگی منابع آب زیرزمینی به‌خصوص از طریق نیتروژن
آفت‌کش‌ها	جریان رواناب محتوی آفت‌کش‌ها به آلودگی منابع آب‌های سطحی و موجودات زنده منطقه منجر می‌گردد. اختلال در زیست‌بوم آب به دلیل عدم حضور جانوران شکارگر به واسطه اختلال در رشد و تولیدمثل آن‌ها. 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.	برخی از این آفت‌کش‌ها در منابع آب‌های زیرزمینی نفوذ می‌نمایند و با آلوده کردن منابع مذکور، سلامت عمومی را مورد تهدید قرار می‌دهند.
آبیاری	رواناب حاوی نمک به شورشدگی آب‌های سطحی می‌انجامد، ورود رواناب حاوی کودها و آفت‌کش‌ها به منابع آب سطحی باعث تخریب کیفی آب برای تخصیص به مصارف مختلف و نیز تخریب اکولوژی محیط آبی و تجمع آن‌ها در انواع ماهی‌های خوراکی و دیگر آبزیان می‌شود. سطح بالای عناصر کمیاب همچون سلیوم باعث آسیب‌های جدی اکولوژیکی و تأثیر منفی بالقوه بر سلامت انسان خواهد شد.	غنی شدن منابع آب زیرزمینی با نمک‌ها و مواد مغذی به‌خصوص نترات‌ها

مأخذ: مطالعات حفاظت کیفی منابع آب دشت‌های مازندران، طوس‌آب

۱-۳- شاخص‌های قابل بررسی جهت تخمین انتشار آلاینده‌های کشاورزی

مواد مغذی: نیتروژن و فسفر دو ماده مغذی عمده که زه‌آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی هستند. نیتروژن می‌تواند به صورت ترکیب آلی (آمونیم) یا به صورت معدنی (نترات)، ظاهر شود که در زهکش‌های سطحی، صورت آلی آن که از شسته شدن مواد آلی در سطح مزرعه ناشی می‌شود، فراوان‌تر است و می‌تواند نشانگر کیفیت زهکش‌های سطحی باشد. در زه‌آب راه یافته به منابع آب زیرزمینی، نترات بر دیگر شکل‌های ترکیبی نیتروژن برتری دارد و می‌تواند به عنوان مبنای سنجش کیفی منابع آب زیرزمینی برگزیده شود. بیشترین فسفات موجود در زه‌آب سطحی ناشی از



فعالیت‌های کشاورزی از نوع آلی است، ولی در زه‌آب راه یافته به منابع آب زیرزمینی مقادیر اندکی از فسفات دیده می‌شود. زیرا این ماده قابلیت جذب بالایی روی خاک‌های مناطق خشک و مرطوب دارد.

شوری: برآیند فعالیت‌های آبیاری به مصرف رساندن آب و به جا گذاشتن نمک‌هایی است که در حجم کمتری از آب متمرکز شده‌اند. چون اساساً ترکیب شیمیایی هرز آب سطحی به ترکیب شیمیایی آب آبیاری وابسته است، نمک‌ها یکی از شاخص‌های عمده کیفیت زه‌آب کشاورزی محسوب می‌شوند. در میان زه‌آب‌های کشاورزی، نمک‌های کلرید سدیم (NaCl) و سولفات سدیم (Na_2SO_4) بر دیگر نمک‌ها برتری دارند. این نمک‌ها مواد غیر سمی هستند که تنها در صورتی که بیش از حد در خاک متمرکز شوند، مشکل‌زا می‌گردند.

باکتری: باکتری‌ها آلاینده‌های بالقوه‌ای هستند که در زه‌آب‌های منشأ گرفته از زمین‌هایی یافت می‌شوند که در آن‌ها از فضولات انسانی یا حیوانی به‌عنوان کود استفاده شده است. در ارزیابی آلودگی باکتریایی، تکیه بر اندازه‌گیری مجموع کلیفرم مدفوعی در آب می‌باشد. از آنجا که خاک نوعی صافی زیستی است، میکروارگانیسم‌ها به ندرت می‌توانند از آب‌های سطحی به میان خاک و از آنجا به منابع آب زیرزمینی راه پیدا کنند. وجود کلیفرم مدفوعی، آب را برای مصارف شرب ناممکن می‌سازد.

رسوب: کشت آبی ممکن است به صورت مستقیم در اثر جریان آب یا غیرمستقیم در نتیجه مدیریت غی بهینه اراضی، فرسایش ایجاد نماید. رسوبات موجود در رواناب سطحی اراضی کشاورزی می‌توانند فسفر و انواع خاصی از آفت‌کش‌ها را با خود به منابع آب‌های سطحی حمل کنند و در نتیجه باعث آلودگی در زنجیره غذایی یا تأثیر زیان‌بار بر دیگر کاربری‌های مفید آب شوند.

سموم: اغلب آفت‌کش‌ها از مواد آلی مصنوعی ساخته شده‌اند. مواد آفت‌کش موجود در رواناب زمین‌های کشاورزی، مشکلاتی در کیفیت آب پایین‌دست پدید آورده‌اند. رواناب سطحی با انتقال آفت‌کش‌ها به جریان‌های آب سطحی، مشکلاتی ناشی از سمیت برای آبزیان پدید می‌آورد. همچنین آفت‌کش‌ها پس از انباشته شدن در بدن آبزیان و مصرف این آبزیان توسط انسان‌ها، موجبات تهدید جدی بر حیات جوامع بشری را فراهم می‌سازند. در جریان‌های خروجی زهکش‌ها ممکن است غلظت بالایی از آفت‌کش‌ها مشاهده شوند ولی دوره ظهور آن به نسبت کوتاه است. غلظت بالای آفت‌کش‌ها در منابع آب زیرزمینی کمتر دیده می‌شود، زیرا خاک به مانند یک صافی عمل می‌نماید. شاخص بررسی میزان آفت‌کش‌ها در محیط براساس سم مورد استفاده و نوع آفت‌کش تعیین می‌شود.



۴-۱- پساب‌های بخش کشاورزی

۴-۱-۱- مصارف کود و سموم دفع آفات در بخش کشاورزی

کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نباتی، با هدف افزایش راندمان و بهبود کیفیت نهاده‌های کشاورزی مصرف می‌شوند. با همه احتیاط‌هایی که در مصرف این مواد به عمل می‌آید، در کنار فواید آن‌ها، می‌توانند ضررهای جبران‌ناپذیری به اکوسیستم‌های مختلف به ویژه اکوسیستم آبی وارد نمایند.

براساس گزارش‌های موجود، میزان مصارف کودهای شیمیایی در استان مازندران برابر ۶۸۲۲۸ تن در سال است. این مواد از یک طرف باعث افزایش تولید محصولات کشاورزی شده و از طرف دیگر موجب آلودگی منابع آب و خاک می‌شوند.

میزان مصرف سموم شامل انواع علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها در استان ۱۳۳۴۲۹ لیتر است که در جدول ۸ قابل مشاهده است. همان‌طور که گفته شد این پساب‌ها عمدتاً حاوی ترکیبات و عناصر موجود در کودها و سموم دفع آفات کشاورزی هستند که جزو آلاینده‌های غیر نقطه‌ای منابع آب محسوب می‌شوند. همچنین در جدول ۹ میزان برداشت آب زیرزمینی و شوری آن برای مصارف کشاورزی در دشت‌های مختلف استان آورده شده است.

جدول ۸- اراضی زیر کشت، آب مورد نیاز آبیاری، میزان مصرف کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات استان

میزان مصرف کودهای شیمیایی (تن)					میزان مصرف سموم دفع آفات (کیلوگرم یا لیتر)					آب آبیاری (م.م.م)	اراضی کشاورزی (هکتار)
کل	کامل ماکرو	پتاسه	فسفره	ازته	حشره‌کش	کنه‌کش	قارچ‌کش	علف‌کش	کل		
۶۸۲۲۸	۱۰۳۹	۱۶۷۰	۱۵۲۶۹	۵۰۲۵۰	۳۲۷۲	۰	۳۳۴۲۲	۹۶۷۳۵	۱۳۳۴۲۹	۲۶۲۵	۶۰۰۷۱۴

مأخذ: آمارنامه کشاورزی سال ۹۰

جدول ۹- میزان برداشت آب زیرزمینی و شوری آن برای مصارف کشاورزی در دشت‌های مختلف استان در سال ۹۰-

۱۳۸۹

شوری آب			میزان مصارف آب زیرزمینی کشاورزی	نام محدوده مطالعاتی
MEAN	MAX	MIN		
۴۳۶	۲۰۰۰	۱۰۲	۱۵۰۰۰	رامسر - چالوس
۷۰۳	۱۸۷۰	۲۸۷	۵۹۰۳۷	نوشهر - نور
۹۵۰	۱۸۹۰	۳۱۵	۱۶۴۰۷۹	بابل - آمل
۱۴۸۵	۶۶۸۰	۴۰۲	۱۷۲۰۷۷	قائم‌شهر - جویبار
۱۲۴۲	۵۱۲۰	۲۲۲	۱۵۱۰۵۸	ساری - نکا
۱۲۴۲	۷۶۲۰	۳۳۵	۸۹۰۶۰	بهبشهر - بندرگز

مأخذ: دفتر مطالعات پایه، شرکت مدیریت منابع آب ایران



در جدول ۹ عملکرد نسبی محصولات زراعی و باغی عمده استان متناسب با کیفیت آب آبیاری در دشت‌های مختلف استان در سال ۹۰-۱۳۸۹ ارائه شده است. از آنجایی که در اکثر دشت‌های استان منابع آب با کیفیت متفاوت از کیفیت مناسب (شیرین) تا آب شور وجود دارد، ضرایب کاهش عملکرد به ازای مینیمم، متوسط و ماکزیمم کیفیت منابع آب دشت‌ها ارائه شده است. بدیهی است که برای تصمیم‌گیری کلان در مورد بهینه‌سازی الگوی کشت در دشت‌های استان، متوسط کیفیت آب آبیاری بیشتر مدنظر قرار می‌گیرد. در نگاهی اجمالی به جدول مذکور نتایج ذیل حاصل می‌گردد. میانگین کیفیت آب همه دشت‌های استان برای کشت همه محصولات باغی و زراعی مناسب است. تغییرات مکانی کیفیت آب در دشت‌های قائم‌شهر-جویبار، ساری-نکا و بهشهر-بندرگز بیشتر از سایر دشت‌های استان است. در این دشت‌ها اگر کیفیت آب در حد متوسط دشت و حتی تا ۲۵ درصد بیشتر از آن باشد کاهش عملکرد محسوس در هیچ یک از محصولات زراعی وجود نخواهد داشت. در مناطقی که شوری آب زیرزمینی معادل شوری ماکزیمم باشد کشت سبزیجات و باغات دارای محدودیت جدی است.

بررسی دشت‌های استان در زمینه شوری آب:

رامسر - چالوس: در این دشت همه محصولات زراعی و باغی در صورت آبیاری با آب دارای شوری مینیمم، متوسط و حتی شوری ماکزیمم، کاهش عملکرد محسوسی وجود نخواهد داشت؛ بنابراین شوری آب زیرزمینی در این دشت محدودکننده توسعه کشاورزی نبوده و همه محصولات قابل کشت خواهند بود.

نوشهر - نور: در این دشت هم همه محصولات زراعی و باغی در صورت آبیاری با آب دارای شوری مینیمم، متوسط و حتی شوری ماکزیمم، کاهش عملکرد محسوسی وجود نخواهد داشت؛ بنابراین شوری آب زیرزمینی در این دشت محدودکننده توسعه کشاورزی نبوده و همه محصولات قابل کشت خواهند بود.

بابل - آمل: در این دشت همه محصولات زراعی و باغی در صورت آبیاری با آب دارای شوری مینیمم، متوسط و حتی شوری ماکزیمم، کاهش عملکرد محسوسی وجود نخواهد داشت؛ بنابراین شوری آب زیرزمینی در این دشت محدودکننده توسعه کشاورزی نبوده و همه محصولات قابل کشت خواهند بود.

قائم‌شهر - جویبار: در این دشت همه محصولات زراعی و باغی در صورت آبیاری با آب دارای شوری‌های کمتر و یا برابر شوری متوسط، کاهش عملکرد محسوسی وجود نخواهد داشت. در مناطقی که شوری آب زیرزمینی بیشتر از شوری متوسط باشد، محصولات گندم، جو و کلزا کاهش عملکرد محسوس نخواهد داشت. سایر محصولات زراعی و کل باغات در مناطقی که دارای شوری برابر شوری ماکزیمم و بیشتر از شوری متوسط است کاهش عملکرد محسوس وجود خواهد داشت.

ساری-نکا: در این دشت همه محصولات زراعی و باغی در صورت آبیاری با آب دارای شوری‌های کمتر و یا برابر شوری متوسط، کاهش عملکرد محسوسی وجود نخواهد داشت. در مناطقی که شوری آب زیرزمینی بیشتر از شوری



متوسط باشد، محصولات گندم، جو و کلزا کاهش عملکرد محسوس نخواهد داشت. سایر محصولات زراعی و کل باغات در مناطقی که دارای شوری برابر شوری ماکزیمم و بیشتر از شوری متوسط است کاهش عملکرد محسوس وجود خواهد داشت.

بهشهر - بندرگز: در این دشت هم همه محصولات زراعی و باغی در صورت آبیاری با آب دارای شوری‌های کمتر و یا برابر شوری متوسط، کاهش عملکرد محسوسی وجود نخواهد داشت. در مناطقی که شوری آب زیرزمینی بیشتر از شوری متوسط باشد، محصولات گندم، جو و کلزا کاهش عملکرد محسوس نخواهد داشت. سایر محصولات زراعی و کل باغات در مناطقی که دارای شوری برابر شوری ماکزیمم و بیشتر از شوری متوسط است کاهش عملکرد محسوس وجود خواهد داشت.

در پژوهشی که خادام‌پور و سیاری (۱۳۹۷)، با هدف بررسی کیفیت آب سه ایستگاه (زوات، والت و رودبارک) واقع در حوضه رودخانه سردآبرود استان مازندران طی سالهای آبی ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۴ با استفاده از شاخص کیفیت آب (CWQI) و همچنین نرم افزار Aquachem، برای محاسبه پارامترهایی نظیر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، کلراید، سولفات، هدایت الکتریکی و اسیدیته انجام دادند دریافتند که ایستگاه زوات برای مصرف شرب در رتبه نسبتاً خوب و برای مصرف آبیاری و احشام در رتبه عالی و در همه مصارف دو ایستگاه والت و رودبارک در رتبه بد قرار داشتند. همه ایستگاه‌های رودخانه سردآبرود برای مصرف آب در آبی‌پرووری و تفریح و سرگرمی در شرایط بد قرار داشته و تقریباً در همه موارد به تصفیه نیاز داشتند با توجه به تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته بهترین و بدترین کیفیت آب به ترتیب مربوط به ایستگاه زوات، والت و رودبارک بود. همچنین تیپ و رخساره آب در این رودخانه با استفاده از نرم افزار Aquachem تیپ بی کربنات سدیمی تشخیص داده شد.

در مطالعه‌ای که حجازی و همکاران (۱۴۰۱)، با هدف بررسی غلظت عناصر آرسنیک، کادمیم، روی و مس در آب و رسوبات مصب رودخانه‌های غرب استان مازندران با استفاده از ۳۶ نمونه آب و رسوب در ۴ ایستگاه با سه تکرار از فروردین تا اسفندماه ۱۳۹۸ انجام دادند دریافتند که میانگین کل فاکتورهای محیطی در دو فصل زمستان-تابستان به ترتیب به صورت دما °C ۱۶/۴۶-۱۱/۲۱، شوری g/l ۶/۴۷-۳/۵۸، هدایت الکتریکی $\mu\text{mho/cm}$ ۱۱/۱۲-۶/۲۷، مواد محلول g/l ۳/۵۲-۶/۲۵، pH ۵/۴۲-۵/۹۲، نیتريت mg/l ۰/۰۳-۰/۰۳، نیترات mg/l ۳-۱/۳۷ می‌باشد. طی مقایسه فاکتورهای محیطی با استاندارد کیفیت آب ایران بر اساس نوع کاربری کشاورزی، صنعتی، تفریحی و پرورش ماهیان گرمابی و سردآبی در حد استاندارد بود. میزان کل جذب فلزات مس، آرسنیک، کادمیم و روی در آب به ترتیب ۱۱/۴۴، ۰/۷۷، ۰/۲۵ و ۱۱/۰۲ mg/l؛ در رسوبات به ترتیب ۰/۲، ۳/۸۳، ۲/۰ و ۹۱/۲۰ و ۵۹/۲۷ $\mu\text{g/g}$ بود. با شروع فصل کشت میزان غلظت فلزات در نمونه‌های آب و رسوبات بسیار بالاتر بود. همچنین آن‌ها بیان کردند که رودخانه صفارود نسبت به سایر رودخانه‌ها آلوده‌تر بود، غلظت فلزات نمونه‌های آب در هر ۴ رودخانه بیشتر از حد مجاز می‌باشد ولی در رسوبات به جز فلز مس و آرسنیک در بقیه کمتر از حد مجاز گزارش کردند.



دریاچه‌ها و مخازن سدها برای اهداف مختلفی از جمله کنترل سیلاب، تولید انرژی، تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت، کشتیرانی، پرورش ماهی و تفریحات آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه حفظ کیفیت آب، بهره‌برداری مناسب و پایدار سدها را امکان‌پذیر می‌سازد. در مطالعه‌ای که نصرالله‌زاده ساروی همکاران (۱۳۹۶) با هدف تعیین و مقایسه کیفیت آب دریاچه سد شهید رجایی مازندران (ساری با استفاده از پارامترهای غیر زیستی (فیزیکوشیمیایی) و زیستی (کلروفیل a، شانون ساپروبی میکروب و) قارچ انجام دادند که آن‌ها چهار ایستگاه اندازه‌گیری کیفی آب انتخاب کرده و در ماه‌های مختلف سال ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار دادند، همچنین شاخص کیفیت آب براساس هفت متغیر فیزیکوشیمیایی، شاخص تروفیکی TSI براساس مواد مغذی شفافیت آب و کلروفیل آ و شاخص شانون و ساپروبی را نیز مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که حداقل سطح تروفیکی در ماه‌های شهریور و بهمن (اولیگوتروف) و حداکثر آن در ماه‌های تیر و مرداد (یوتروف) بوده است. بر اساس شاخص کیفیت آب، آب این مخزن در همه ماه‌ها در طبقه خوب قرار گرفت. کیفیت آب بر اساس شاخص شانون و ساپروبی نشان داد که آب در ماه‌های تیر و مرداد نسبت به ماه‌های دیگر دارای کیفیت پایین‌تری بوده و در حد آلودگی متوسط تا شدید قرار داشته است. همچنین میزان شمارش عوامل قارچی و میکربی در ماه‌های گرم سال تیر و (مرداد به طور معنی‌داری در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر بوده است. در مجموع به منظور پیشگیری از وقوع، پرغذایی شکوفایی جلبکی و کنترل بار میکربی قارچی و منابع فسفوری و آلی سد، کنترل فعالیت‌های جوامع انسانی در اطراف و یا در مسیر رودخانه‌های منتهی به سد به خصوص در ماه‌های فصل تابستان از نکات کلیدی محسوب می‌شود.

۲- آلودگی بخش خاک

۲-۱- مقایسه برخی شاخص‌های مربوط به فلزات سنگین در خاک استان مازندران با استان‌های هم‌جوار

عناصر سنگین یکی از اصلی‌ترین مشکلات زیست محیطی می‌باشد که اغلب حاصل فعالیت‌های بشر می‌باشد. این فلزات در سال‌های اخیر نظر محققین زیادی را به خود جلب کرده است تا بتوانند راه‌حلی برای کاهش میزان این فلزات ارائه دهند. فرآیندهایی مانند هوازدهی مواد مادری و فعالیت‌های انسانی شامل استفاده از کودهای شیمیایی، لجن فاضلاب و سوخت‌های فسیلی باعث شده غلظت فلزات سنگین در خاک به‌طور روز افزون افزایش یابد و کارکرد خاک دچار اختلال شود.

برای ارزیابی اثرات زیست محیطی عناصر سنگین در خاک هر منطقه باید میزان غلظت عناصر در آن منطقه را با یک استاندارد شناخته شده، مقایسه کنیم. بهترین حالتی که می‌توان یک خاک را مقایسه کرد، مقایسه با استانداردهای موجود



برای همان منطقه است زیرا شرایط زمین شناسی و اقلیمی گوناگون باعث می شود تا غلظت های متفاوتی از عناصر سنگین ایجاد شود.

تخریب و آلوده کردن خاک در اثر رها شدن انواع ضایعات، پسماندها و فاضلاب شهری و روستایی، مصرف سموم و کودهای شیمیایی و فعالیت های صنعتی را می توان به عنوان مهمترین عامل تهدید کیفیت خاک در استان مازندران عنوان کرد. خاک آلوده به طور طبیعی مواد غذای آلوده را وارد چرخه غذایی انسان می کند، بنابراین سالم نگه داشتن این عنصر مهم زیستی، از اهمیت زیادی برخوردار است.

تجمع عناصر سنگین در خاک در بسیاری از نقاط دنیا مشکلات زیست محیطی فراوانی را به وجود آورده اند. غلظت زیاد عناصر در خاک ممکن است به مقداری زیاد به وسیله گیاه جذب شود و این مهم ترین راه ورود عناصر سنگین به زنجیره غذایی انسان و دام و چرخه های بیولوژیک است. بنابراین بررسی چگونگی انباشت این عناصر به منظور جلوگیری از آلودگی خاک و زیست بوم ضروری است. در میان عناصر سنگین، کادمیم به دلیل تحرک بالا در سیستم های بیولوژیک و توانایی تجمع در گیاهان بدون ایجاد هر گونه نشانه های قابل رؤیت به عنوان یکی از خطرناک ترین عناصر سنگین در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه کادمیم در خاک های اسیدی در محدوده $pH = 4/5$ تا $5/5$ متحرک بوده و برنج نیز در خاک های اسیدی بهترین رشد را دارد و نیز با توجه به نقش برنج در سلامت جامعه، بررسی آلودگی خاک شالیزارها به کادمیم ضروری است.

نتایج مطالعات مختلف بیانگر آن است که سالانه در حدود یک میلیون تن سرب به خاک های جهان اضافه می شود که بخش زیادی از آن مربوط به غبارهای جوی، پراکنش خاکسترها و ضایعات شهری است و استفاده از کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب در اراضی کشاورزی در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. وجود فلزات سنگین در خاک می تواند حاصل عوامل طبیعی یا انسانی باشد. فضولات حیوانی، پسماند و فاضلاب شهری به عنوان منبع آلاینده به شمار می آیند. آلودگی مختص به هوا و ذرات آلاینده و یا مصرف بی رویه سوخت های سرب دار، سبب تجمع فلزات در زمین های کشاورزی می گردد. عوامل آلوده کننده پس از ورود به خاک می توانند آب و هوا را نیز آلوده کنند که در نهایت این امر منجر به آلودگی زنجیره غذایی می شود. در مطالعه ای که در استان گلستان انجام دادند دریافتند که PH خاک نقش تعیین کننده ای بر رفتار فلزات سنگین در خوراک دارد. اینکه افزایش pH در منطقه موجب افزایش تجمع سرب در خوراک شده، می تواند همبستگی زیادی به سایر متغیرهای موجود در خاک داشته باشد. همچنین شوری خاک در منطقه، کاهش رسوب سرب در خاک را نشان می دهد. البته افزایش EC می تواند نتیجه استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی نیز باشد. در منطقه مورد مطالعه، آلودگی خاک به وسیله فلزات سنگین کاهش فعالیت میکروبی، و به دنبال آن افزایش تجمع مواد آلی در خاک را سبب شده است. مقدار کل سرب موجود در خاک منطقه علاوه بر مقدار کربنات کلسیم معادل، به سایر ویژگی های قابل اندازه گیری خاک و همچنین مقدار استفاده از کودهای شیمیایی نیز بستگی دارد..



در مطالعه‌ای که جهت اندازه‌گیری و بررسی مقادیر عناصر سنگین سرب، مس و نیکل در اراضی تحت آبیاری پساب در جنوب شهر تهران انجام شد، یافته‌ها نشان داد که به‌طور کلی بیشترین غلظت عناصر مربوط به نواحی مرکزی منطقه مورد مطالعه بود که منبع آبیاری در آن عمدتاً پساب خام بود. مقایسه غلظت این عناصر با استاندارد مجاز معرفی شده توسط WHO و همچنین مقدار مجاز اعلام‌شده در خاک‌های کشاورزی در ایران نشان داد عنصر سرب در قسمت نواحی مرکزی این منطقه که تحت آبیاری مکرر با پساب قرار دارند بالاتر از میزان مجاز مشاهده شد و نیاز به بررسی‌های کنترلی بیشتر دارد. علاوه بر توزیع سطحی این عناصر، انتقال عمقی آن‌ها در داخل خاک با استفاده از نرم‌افزار هایدروس یک‌بعدی نشان داد بیشترین تجمع عناصر در لایه سطحی صفر الی ۱۵ سانتی‌متری رخ داده است که این مسئله به وجود بیشتر بودن مواد آلی، رس و هیدروکسیدهای آهن و منگنز به‌عنوان عوامل مهم جذب سطحی در این لایه برمی‌گردد که بیانگر اهمیت آن‌ها در جلوگیری از انتقال این عناصر به لایه‌های عمقی است.

در مطالعه‌ای که در استان سمنان جهت ارزیابی میزان آلودگی برخی از عناصر سنگین در خاک‌های سطحی شهرک صنعتی سمنان و اراضی اطراف آن انجام دادند، دریافتند که سرب و کادمیوم در شهرک صنعتی و اراضی اطراف آن بیشترین مقدار آلودگی را دارد که منشأ اصلی آن را می‌توان به فعالیت‌های صنعتی نسبت داد، در حالی که نیکل و کروم از لحاظ زیست‌محیطی در وضعیت غیرخطرناک قرار داشتند.

در مطالعه‌ای که در استان گلستان جهت بررسی الگوی مکانی غلظت کل عناصر انجام شد دریافتند که، به‌طور کلی دو بخش مجزا در استان گلستان قابل مشاهده است: الف) بخش شرقی که شامل محدوده شهرستان‌های مراوه‌تپه و کلاله می‌باشد و دارای کمترین غلظت کل عناصر مورد بررسی در خاک سطحی است؛ ب) بخش مرکزی و غربی کوه شامل سایر مناطق استان گلستان می‌باشد و غلظت کل عناصر در خاک سطحی آن دارای تغییرات منطقه‌ای است. الگوی مکانی مس و کروم در منطقه نشانگر وجود سه بخش با غلظت زیاد این عناصر در منطقه می‌باشد: ۱- قسمت غربی منطقه که در محدوده شهرستان بندر گز قرار گرفته است و به نظر می‌رسد وجود صنایع مهم‌ترین دلیل غلظت زیاد عناصر در این منطقه می‌باشد. ۲- قسمت جنوب مرکزی استان که شامل ارتفاعات پوشیده از جنگل می‌باشد و به احتمال زیاد دلیل غلظت زیاد عناصر در این بخش به دلیل وجود معادن زغال‌سنگ فراوان در این منطقه استان می‌باشد و ۳- بخش شمالی استان که شامل دشت‌های مسطح و زمینه‌ای کشاورزی در برخی بخش‌ها می‌باشد و به نظر می‌رسد مهم‌ترین منبع غلظت زیاد عناصر در بخش‌های شمالی به‌جز منشأ طبیعی، وجود زمینه‌ای کشاورزی باشد. غلظت زیاد آرسنیک بیشتر در بخش مرکزی و میانی استان گلستان مشاهده شد و به نظر می‌رسد الگوی مکانی آرسنیک در منطقه، بیشتر متأثر از وجود زمینه‌ای کشاورزی در منطقه است. الگوی مکانی کادمیوم در منطقه نسبت به سایر عناصر پیچیده‌تر است و به نظر می‌رسد عوامل انسانی و طبیعی بر آن اثرگذار می‌باشد. مهم‌ترین بخش استان که دارای بیشترین غلظت کادمیوم می‌باشد، امتداد غربی- شرقی در نیمه پایانی استان است که منطبق بر موقعیت قرارگیری شهرهای استان و مناطق انسان‌ساخت و صنایع در سطح استان می‌باشد.



وجود غلظت زیاد کادمیوم در قسمت‌های جنوبی که شامل مناطق کوهستانی پوشیده از جنگل می‌باشد، می‌تواند دارای منشأ طبیعی باشد.

در مطالعه‌ای که در استان گیلان، جهت ارزیابی آلودگی خاک‌های شالیزاری با کادمیم انجام دادند دریافتند که اراضی شالیزاری آلودگی زیادی نسبت به عنصر کادمیوم دارد که این امر بیانگر تأثیر استفاده از کودهای شیمیایی و مدیریت غیراصولی اراضی می‌باشد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر در استان گیلان آلودگی خاک‌های کنار جاده‌ای به فلزات سنگین (سرب، نیکل، مس، روی) را مورد ارزیابی قرار دادند که اگرچه انتظار می‌رفت همواره غلظت آلاینده‌ها در اطراف جاده بسیار بالا باشد اما بررسی و بازدیدهای میدانی نشان داد که ترمیم و تعریض جاده، عملیات کشاورزی در اراضی حاشیه‌ای و وزش باد در مناطق کوهستانی عاری از پوشش گیاهی مانع از تجمع بار آلودگی ناشی از حمل و نقل در خاک‌های سطحی در منطقه شده است.

جهت ارزیابی اثرات زیست‌محیطی عناصر سنگین در خاک‌های یک منطقه، بایستی میزان غلظت عناصر در آن با یک استاندارد شناخته شده مقایسه شود. بهترین حالت مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه است چرا که شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی گوناگون در نقاط مختلف دنیا، غلظت‌های متفاوتی از عناصر سنگین را ایجاد می‌کند. در کشور ما به دلیل عدم وجود استاندارد خاص برای درجه آلودگی خاک، بهتر است از معیارهای دیگری برای بررسی آلودگی خاک به عناصر سنگین استفاده شود. معیارهایی متعددی برای بررسی درجه آلودگی خاک ارائه شده است که می‌توان بر اساس آن‌ها به وجود یا عدم وجود آلودگی خاک پی برد.

در مطالعه‌ای که با عنوان تخمین غلظت زمینه برای ارزیابی آلودگی برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی بخشی از استان مازندران انجام شد دریافتند که با توجه به کلاس‌های ارزیابی فاکتور آلودگی، غالب نمونه‌های (۵۳ تا ۸۴ درصد) مورد مطالعه دارای غلظتی بیش از غلظت زمینه طبیعی بودند. نقشه پراکنش فاکتور آلودگی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه نشان داد که عناصر سرب، روی و مس تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی مانند ترافیک بوده و عناصر کادمیم و نیکل نیز بیشتر تحت کنترل عوامل طبیعی مانند مواد مادری و نیز فعالیت‌های کشاورزی هستند. نقشه پراکنش شاخص بار آلودگی نیز نشان داد که بیشترین نگرانی موجود در ارتباط با فلزات سرب، روی و مس در مناطق شهری و اراضی حاشیه‌ای آن است و دیگر مناطق مورد مطالعه بار آلودگی قابل ملاحظه‌ای نشان ندادند. به طور کلی نتایج مطالعه نشان داد که همواره عوامل انسانی و طبیعی توأم در پراکنش و میزان غلظت فلزات سنگین دخیل هستند.

آمارهای رسمی نشان‌دهنده تولید روزانه سه هزار و صد تن زباله در استان مازندران می‌باشد که در ۲۸ نقطه جنگلی استان دپو و دفع می‌شود که شیرآبه این زباله‌ها بعد از مدتی وارد رودخانه و آب‌های زیرزمینی شده و از آنجا به زمین‌های زراعی انتقال می‌یابند.

اصلی‌ترین عوامل آلودگی و فرسایش در خاک‌های استان مازندران از رهاسازی زباله‌ها در طبیعت، دفع غیر بهداشتی زباله و نفوذ شیرابه‌ها به خاک و آب‌های زیرزمینی و همچنین ورود انواع فاضلاب‌های شهری و صنعتی نشأت می‌گیرد.



طبق آمار رسمی، وسعت کشور ایران ۱۶۵ میلیون هکتار است که از این میزان نزدیک به ۵۱ میلیون هکتار اراضی قابل کشت و ۱۸/۵ میلیون هکتار اراضی در چرخه کشت وجود دارد. استان مازندران با سهم حدود نیم میلیون هکتار اراضی کشاورزی زراعی و باغی در چرخه کشت، سالانه حدود ۷ میلیون تن انواع محصولات کشاورزی تولید و به بازارهای مصرف عرضه می کند و نقش مهمی در امنیت غذایی کشور ایفا می کند. با توجه به اینکه این استعداد جزو استان های مهم در تولید محصولات کشاورزی می باشد، لذا توجه به خاک و حفاظت از زمین به عنوان مهم ترین بستر تولید ضروری است. در این بخش فلزات سنگین موجود در خاک استان مازندران با برخی از استان های هم جوار و دیگر استان ها مورد بررسی قرار گرفته است تا میزان هر کدام از عناصر بررسی شده و مقایسه ای از آن ها ارائه شود (جدول ۱۰)



جدول ۱۰- مقدار کل برخی از عناصر سنگین در خاک‌های استان مازندران و برخی از استان‌های کشور

عنصر	مازندران	زنجان	همدان	قم	اصفهان	سمنان	گلستان	گیلان	حد معمول	حد بحرانی
مس	۳۲	۴۰/۳	۳۶/۵	۵۲/۳۱	۱۴/۶۷	۱۹/۳	۲۳/۹	۳۵/۱۲	۲-۲۵	۶۰-۱۲۵
روی	۴۹/۸	۱۸۷	۷۱/۴	۱۶۳/۲	۹۵/۷۶	۲۱/۶	۸۲/۰۸	۱/۱۶	۱۰-۱۰۰	۷۰-۴۰۰
نیکل	۴۶/۵	۳۸/۳	۵۶/۶	۴۹/۹	۵۴/۵۱	۱۷/۳	۳۴/۸۸	۷/۶۴	۲-۷۵	۱۰۰
سرب	۵۲/۹	۸۹/۶	۲۳/۹	۳۸/۴۴	۴۲/۸۷	۱۸/۶	۱۵/۴۲	۴۲/۳۷	۲-۲۰	۱۰۰-۴۰۰
کادمیم	۰/۲۵	۰/۹۷	۱/۲	۰/۳۴	۴/۷۶	۱/۳	۰/۱۲	-	۰/۰۱-۲	۳-۸