



به نام آفریدگار آب
شرکت مدیریت منابع آب ایران
معاونت هماهنگی حوضه های آبریز
دفتر برنامه ریزی منابع آب
گروه محیط زیست و کیفیت منابع آب

مدیر مسئول : محمد تقی توکلی
سر دبیر : جواد حسن نژاد
مسئول هماهنگی و تنظیم مطالب : الهام قاسمی زبارانی

فصلنامه محیط زیست و کیفیت منابع آب

سال چهارم - شماره پانزدهم - آبان ماه ۱۳۹۰

سخنن سردبیر



ارتقای فرهنگ زیست محیطی بین مردم، مستلزم وجود یک برنامه منسجم در زمینه نحوه آموزش و اطلاع رسانی (بعنوان محور اصلی ارتقاء سطح آگاهی های عمومی) می باشد. چارچوب این برنامه دربرگیرنده روش های آموزش و آگاهی رسانی، فن آوریهای مورد استفاده در این خصوص و مهمتر از همه شناسایی گروههای هدف بعنوان دریافت کنندگان پیام های زیست محیطی می باشد. وجود چنین برنامه هایی موجب می گردد تا از طریق اطلاع رسانی مطلوب و موثر به سطوح مختلف جامعه و افزایش حساسیت عمومی نسبت به مسائل زیست محیطی (بویژه حفاظت از منابع آبی)، ضمن پیشگیری از ورود آلاینده های مخرب به محیط زیست آبی، زمینه ارتقای سطح کیفیت این منابع و احیای مجدد توان ازدست رفته آنها، فراهم گردد.

خوشبختانه با عنایت به تلاش های صورت گرفته، اسناد پشتیبان آگاهی رسانی حفاظت از کیفیت منابع آب توسط مشاور ذیربط تدوین و جهت اجرا به شرکت های آب منطقه ای ابلاغ گردیده است. لذا انتظار می رود تا همکاران با سرلوحه قراردادن این نقشه راه، برنامه های آگاهی رسانی حفاظت از کیفیت منابع آب را با عنایت به شرایط و حساسیت های زیست محیطی منابع آب منطقه تدوین و اجرا نمایند.

امید است با ارتقای سطح آگاهی ها و دانش عمومی، منابع آبی با ارزش و بدون جایگزین در برابر انواع آلاینده ها حفاظت گردد.

اخبار مهم:

- استقبال ویژه از پخش برنامه "مستند آب پاک" از شبکه یک سیما، این برنامه مستند شامل ۴۲ برنامه ۵ دقیقه ای در زمینه مدیریت محیط زیست و کیفیت منابع آب می باشد.
- ویرایش نهایی "نرم افزار جامع مدیریت کیفیت منابع آب" در حال انجام بوده و مراحل نصب و راه اندازی آن در وب سایت شرکت مدیریت منابع آب ایران بزودی صورت می پذیرد.
- کتاب "مجموعه قوانین و مقررات حفاظت از کیفیت منابع آب" تدوین گردیده و در مرحله چاپ قرار دارد.
- با عنایت به استقبال گسترده از مجموعه "کتابچه های حفاظت از کیفیت منابع آب"، در نظر است تا فایل این کتابچه ها در اختیار شرکت های آب منطقه ای درخواست کننده قرار گرفته تا نسبت به چاپ این کتابچه ها اقدام گردد.
- برنامه ریزیهای لازم در زمینه تدوین و چاپ کتابهای ذیل در دستورکار قرار دارد:
 - حفاظت از منابع آب در آیین روایات، ارزشها، اعتقادات و فرهنگ ها
 - برنامه ریزی و مدیریت طرحهای استفاده مجدد از فاضلابهای تصفیه شده شهری
- "سند راهبرد ملی بهبود کیفیت آب شرب" جهت اجرا توسط وزارت نیرو، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سازمان حفاظت محیط زیست، از سوی هیئت دولت ابلاغ گردید.

بکار گرفته شده، نمونه برداری غیر فعال است، که در محیط های گوناگون مثل آب، هوا و خاک قابل استفاده است.

روش نمونه برداری غیر فعال آب

این روش کم هزینه، آسان، قابل نصب در مناطق بزرگ و دور از دسترس با نتایجی قابل اطمینان است، که به عنوان روشی نسبتاً جدید، می تواند جایگزین روش های فعال شود و معایب این روش ها مانند نشان دادن تصویر لحظه ای از آلاینده را ندارد. در این روش نمونه بردار، مدت زمان مشخصی از یک روز تا یک سال (بسته به جنس نمونه بردار، نرخ جذب، شرایط محیطی و نوع آلاینده) در محیط باقی می ماند و هدف دستیابی به میانگین غلظت آلاینده در طول زمان در محیط نمونه برداری است که در ارزیابی ریسک اکولوژیکی و بررسی آلاینده ها، بسیار کاربرد دارد.

اولین بار از این روش برای محاسبه نیمه کمی مونوکسید کربن هوا در سال ۱۹۲۷ استفاده شد ولی اندازه گیری کمی با این روش در سال ۱۹۷۳ برای NO_2 و SO_2 هوا انجام شد. همچنین در سال ۱۹۷۴ برای پایش غلظت ترکیبات غیر آلی محلول در آب های سطحی با رژیم تعادلی از این روش استفاده شد.

Byrne and Aylott در سال ۱۹۸۰ برای آلاینده های آلی آبگریز با استفاده از جاذب غیر قطبی و غشاء پلیمری از این روش استفاده کردند. **Sodergten** در سال ۱۹۸۷ اولین کسی بود که از این روش برای نمونه برداری از آلاینده های آلی غیر قطبی، با استفاده از غشاء سلولزی استفاده کرد^[۸]. ولی بخاطر مقاومت کم غشاء سلولزی در آب، این نمونه بردارها دیگر استفاده نشدند. **Huckins** و همکاران، در سال ۱۹۹۰ اولین مطالعه در مورد نمونه برداری آلاینده های آلی با استفاده از **SPMD** را منتشر کردند. در این نمونه بردار از غشاء پلی اتیلنی با تراکم کم (**LDPE**) و جاذب تریولن استفاده شده بود که اساس کار بیشتر نمونه بردارهای مورد استفاده امروزی می باشد. در سال های اخیر نمونه بردارهای غیر فعال با اهداف مختلفی مورد استفاده قرار گرفتند که از جمله می توان به (۱) شناخت منبع یا شناخت آلاینده ها در قسمت معینی از محیط، (۲) تعیین میانگین غلظت در مقیاس زمانی و کشیدن نقشه پراکنش آلاینده ها، (۳) مطالعه روی تغییرات غلظت و مدلسازی سرنوشت آلاینده ها در محیط، (۴) ارزیابی مخاطرات انسانی، (۵) پایش کیفیت آب، (۶) بررسی دسترسی زیستی آلاینده ها در رسوبات، (۷) ارزیابی زیستی (ریسک بیولوژیک)، (۸) بررسی تجمع زیستی و

نمونه برداری غیر فعال آب

تهیه کننده: زهرا جعفری، سید حسین هاشمی
پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

مقدمه

امروزه یکی از نگرانی های بشر آلودگی آبها و ورود آلاینده های مختلف و سمی به آن است. برای ارزیابی ریسک اکولوژیکی و سمیت آب برای کاربری های مختلف، روش های مختلفی استفاده می شود، که در اغلب آنها نمونه برداری از آب یکی از مهمترین مراحل است.

به طور معمول نمونه برداری و آماده کردن نمونه ۷۰-۹۰ درصد زمان آنالیز را به خود اختصاص می دهد. اگر آلودگی با مواد کم مقدار باشد باید حجم زیادی از آب در آزمایشگاه آنالیز شود و همین طور این روش اغلب تصویری لحظه ای از حضور آلاینده ها در محیط نشان می دهد و نماینده کل منطقه نیست. روش های فعال نمونه برداری به خاطر هزینه بر بودن، نیاز به ابزارهای نمونه برداری و مشکلاتی که ذکر شد برای برنامه های پایش بلند مدت مناسب نیستند. اگر آلاینده های محیط در طول زمان تغییر کنند، این روش نتیجه خوبی به دست نمی دهد. برای رفع این مشکل راه حل های متعددی مانند افزایش فرکانس نمونه برداری، استفاده از سیستم های پایش آنالین، روش های بیولوژیک و استفاده از نمونه برداری های غیر فعال پیشنهاد شده است.

در نمونه برداری از آب های زیرزمینی اغلب از پمپ استفاده می شود که ممکن است در محیط اغتشاش ایجاد کند و باعث از بین رفتن ترکیبات فرار شود، یا اینکه نمونه از عمقی که مورد نظر نیست وارد پمپ شود [۱۲].

روش دیگر استفاده از موجودات زنده در پایش آب است که مدت طولانی در آب حضور دارند و آلاینده ها را در بافت های خود جمع می کنند. سپس با آنالیز بافت ها یا استخراج چربی می توان سطح آلاینده ها را در منطقه تعیین کرد [۱۳].

یکی از بهترین روش هایی که در ۳۰ سال اخیر به طور گسترده

حجم زیاد

آب، کمینه شدن اثر تداخلات به دلیل گزینش پذیری غشای نمونه بردار، عدم ایجاد تغییر توسط نمونه بردار در جریان طبیعی آب، امکان تعیین حضور یا عدم حضور آلاینده ها در محیط، کاهش خطای ناشی از تغییرات کوتاه مدت غلظت با نشان دادن میانگین سطوح غلظت، امکان استفاده در دوره های طولانی مدت نمونه برداری، و ارزان بودن و عدم نیاز به تجهیزات کمکی، اشاره کرد [۳،۷،۹].

فاکتورهای موثر بر جذب آلاینده

فاکتورهای موثر بر جذب آلاینده ها عبارتند از اغتشاش آب (با به حرکت درآوردن آب در اطراف نمونه بردار موجب برقراری گرادیان غلظت شده و موجب افزایش نرخ جذب می شود)، رسوب زیستی (سطح نمونه بردار توسط باکتری ها یا موجودات زنده دیگر پوشانده می شود و روی عملکرد غشا تاثیر می گذارد، موجب مسدود شدن خلل و فرج غشاء شده، بنابراین نرخ جذب کاهش می یابد)، سرعت جریان آب (مانند اغتشاش عمل کرده و نرخ جذب افزایش می یابد)، دمای غالب منطقه (افزایش دما باعث افزایش نرخ نمونه برداری شود)، غلظت آنالیت در محیط (موجب ایجاد گرادیان غلظت بین محیط و نمونه بردار می شود)، جنس غشا (غشاء انتخابی عمل می کند و با توجه به اندازه مولکولهای آنالیت و نوع آنها اجازه عبور می دهد) [۸].

بدین ترتیب ابتدا نرخ نمونه برداری به صورت خطی است و پس از آن غلظت نمونه بردار با محیط به تعادل رسیده و دیگر تغییر غلظت مشاهده نمی شود [۷]. بر اساس همین تفاوت نمونه بردارها به دو رژیم تعادلی و غیر تعادلی تقسیم شده اند.

در رژیم تعادلی نمونه برداری تا جایی که غلظت آنالیت بین آب و نمونه بردار به تعادل ترمودینامیکی برسد ادامه پیدا می کند. پس از آن غلظت آنالیت جذب شده با زمان تغییر نمی کند. ظرفیت نمونه بردار را آنقدر کم در نظر می گیرند تا زمان به تعادل رسیدن کاهش یافته و احتمال وقوع نوسان در غلظت آلاینده های محیط در مدت نمونه برداری به حداقل برسد.

مهمترین اصل در این روش شرایط پایدار محیط است و در مناطقی که غلظت آلاینده ها نسبتاً ثابت است مانند آب های زیرزمینی استفاده

بزرگنمایی زیستی اشاره کرد [۵].

اصول کار

اساس کار این نمونه بردارها، جریان آزاد مولکول های آنالیت از محیط نمونه برداری به محیط نمونه بردار، در طول زمان نمونه برداری است. تنها منبع انرژی مورد نیاز برای جریان آنالیت، اختلاف پتانسیل شیمیایی آلاینده بین دو محیط می باشد. این جریان تا رسیدن سیستم به تعادل یا پایان زمان نمونه برداری ادامه دارد [۷].

نمونه بردار از یک فاز دریافتی و یک دیواره تشکیل شده است، که دیواره تعیین کننده نرخ جذب مولکول های آنالیت در نمونه بردار است. عملکرد دیواره گزینشی است و تنها اجازه عبور آنالیت های خاصی را می دهد و باید بتواند تاثیر فاکتورهای خارجی را به حداقل برساند. مولکول های آنالیت پس از گذر از دیواره در فاز دریافتی، که می تواند از یک حلال یا سطح جاذب متخلخل تشکیل شده باشد، به دام می افتند و در آنجا نگهداشته می شوند.

غلظت آنالیت جذب شده در نمونه بردار در طول دوره نمونه برداری به غلظت آنالیت در نمونه بردار و محیط و زمان نمونه برداری بستگی دارد. جریان مولکول ها بین دو فاز تنها به گرادیان غلظت بستگی دارد. این نمونه بردارها بر اساس غلظت مواد شیمیایی، طول دوره نمونه بردار و هدف از انجام کار مورد استفاده قرار می گیرند.

از جمله مزایای استفاده از این نمونه بردارها می توان به امکان استفاده در اغلب شرایط محیطی، کاهش هزینه های نمونه برداری آب تا ۳۰ درصد، عملکرد انتخابی نمونه بردار، امکان بررسی مقادیر کم عناصر، تعیین میانگین غلظت آلاینده ها در طول نمونه برداری، توانایی آشکارسازی تغییرات لحظه ای غلظت آلاینده ها در محیط، استفاده نسبتاً آسان، امکان استفاده در جاهایی که دسترسی به آن دشوار است، عدم وجود محدودیت عمق، کاهش فرکانس نمونه برداری، عدم نیاز به منبع انرژی، عدم نیاز به جمع آوری، جابجایی و ذخیره سازی حجم زیاد نمونه، عدم نیاز به استخراج آنالیت از

برخی نمونه بردارها که بر این اساس کار می کنند، عبارتند از: SPME، ceramic، MESCO، POCIS، PISCES، SPMD، dosimeter.

محاسبه نرخ جذب (R_s)

کیفیت اطلاعات به دست آمده از نمونه بردار به صحت نرخ نمونه برداری بستگی دارد. بنابراین تعیین نرخ جذب نیازمند روش های دقیق و مطالعات کالیبراسیون می باشد. برای محاسبه نرخ جذب در نمونه بردار غیر تعادلی Booiج روش استفاده از ترکیبات مرجع (PRC) که در محیط نمونه برداری وجود ندارند، قبل از قراردادن نمونه بردار در محیط [۱،۲] را معرفی کرده است که در آن می توان از ضریب تقسیم ترکیبات مرجع بین نمونه بردار و آب در آزمایشگاه نرخ جذب آنالیت در محیط را به طور نیمه کمی محاسبه کرد. در این روش فرض می شود جذب و واجذب با یک نرخ ثابت انجام می شود. باید توجه داشت که رفتار ترکیب باید به رفتار آنالیت شبیه باشد. این روش مشابه استاندارد داخلی عمل می کند؛ سپس نرخ جذب با جریان آب و اغتشاش رسوب زیستی و دما تصحیح می شود.

معرفی چند نمونه بردار غیر فعال پر کاربرد

SPMD: یکی از بهترین نمونه بردارهای در دسترس برای محاسبه **TWA** است. از غشاء پلی اتیلنی با تراکم پایین (LDPE) ساخته شده که به وسیله تریولن با وزن مولکولی بالا پر شده است. این غشاء متخلخل نیست ولی دارای منافذ موقتی با سایز تقریبی یک نانومتر است. انتخاب آنالیت به اندازه و توانایی آن در نفوذ به غشا بستگی دارد. مولکول های بزرگ، ترکیبات یونی و ترکیبات قطبی در غشا حل نمی شوند و نمی توانند وارد نمونه بردار شوند. این نمونه بردار می تواند برای پایش آنالیت های ترکیبات آلی غیرقطبی - ترکیبات آلی آب گریز و چربی دوست، PAHs، آلاینده های ارگانوکلرین (HCB)، کلروفنول، PCBs، کلروبنزن، HCP) استفاده شود. امروزه برای بررسی پراکنش آفت کش ها در غلظت های بسیار پایین نیز از این نمونه بردارها بسیار استفاده می شود [۱۰].

در برخی منابع از آنها با نام ماهی مجازی نام برده شده است زیرا می تواند جذب آلاینده ها در بافت چربی موجودات زنده را تقلید کند [۳]. بنابراین برای مطالعه روی دسترسی زیستی آلاینده های آلی آب گریز از آنها استفاده می شود. مشکل اصلی این است که برای استخراج آنالیت به زمان و حلال زیادی نیاز است. این نمونه بردار خیلی انتخابی عمل

می شود. این شیوه به خاطر پایدار بودن شرایط محیط مشابه نمونه برداری نقطه ای، غلظت لحظه ای آلاینده ها را نشان می دهد ولی همانند نمونه برداری نقطه ای باعث تغییر و اغتشاش در آب نمی شود و نتایج قابل اطمینانی به ما می دهد. این شیوه برای اندازه گیری های کمی مناسب نیست و میانگین غلظت آلاینده ها در طول زمان نمونه برداری (TWA) را نشان نمی دهد ولی می توان سطوح آلاینده ها را در محیط شناسایی کرد.

همچنین رفتاری مشابه موجودات زنده دارد و موجب انباشت آلاینده ها در خود می شود، بنابراین امروزه به عنوان مدلی برای بزرگنمایی زیستی استفاده می شود [۵،۹]. چند نمونه از نمونه بردارهایی که با این روش کار می کنند عبارتند از SPME، Empore disks، PE، PDBS، DMLS، SPMD، POCIS.

در رژیم غیر تعادلی نرخ جذب آنالیت در نمونه بردار نسبتی خطی دارد و با محیط به تعادل نمی رسد. می توان با استفاده از روابط نیمه تجربی بین ضرایب انتقال جرم، نسبت های فیزیکی شیمیایی و پارامترهای هیدرودینامیکی نرخ جذب را محاسبه کرد. در رژیم غیر تعادلی می توان میانگین غلظت آلاینده ها در طول زمان نمونه برداری (TWA) را محاسبه و نوساناتی که روش نمونه برداری نقطه ای قادر به نشان دادن آن نیست آشکار سازی کرد. ظرفیت نمونه بردار باید آنقدر زیاد در نظر گرفته شود، که آلاینده ها به طور مداوم جذب نمونه بردار شوند و زمانی که غلظت آنالیت در محیط کاهش یافت تمایلی به بازگشت نداشته باشند. برای استفاده از این نمونه بردار ها باید مواد هدف (آنالیت)، حدود غلظت و نرخ جذب نمونه بردار را دانست. به طور تقریبی تا نصف غلظت اشباع، جذب خطی است.

در مناطقی که غلظت آلاینده ها در دوره های چند ساعته تا چند روزه نوسان می کنند مانند رودخانه یا محل های تخلیه فاضلاب می توان از این نمونه بردارها استفاده کرد. در این روش نرخ واجذب بسیار ناچیز در نظر گرفته می شود. بر اساس قانون اول فیک غلظت میانگین را محاسبه می کنند باید توجه داشت که این نمونه بردار نوسانات غلظت در طول دوره نمونه برداری را به طور یکپارچه نمایش می دهد. [۱،۳،۱۳].

-Time-Weighted Average Concentration (TWA)

منابع

- 1-A "toolbox" for biological and chemical monitoring requirement for the European Union's Water Framework Directive. I.J. Allan et al. / Talanta 69 (2006) 302-322
 - 2-An Improved Method for Estimating in Situ Sampling Rates of Nonpolar Passive Samplers. Booij et al. Environ. Sci. Technol. 2010, 44, 6789-6794
 - 3-Development of a passive sampling device for combined chemical and toxicological long-term monitoring of ground-water. Leipzig, Juni 2004
 - 4-Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Portsmouth Harbour, United Kingdom, using the Chemcatcher passive sampling devices. T. Lobpreis et al. Acta Chimica Slovaca, Vol.3, No.1, 2010, 81 - 94
 - 5-Monitoring of Aquatic Environments Using Passive Samplers. Chimuka et al. The Open Analytical Chemistry Journal, 2008, 2, 1-9
 - 6-Passive sampling for long-term monitoring of organic pollutants in water. Agata kot, bozena zabiegata, jacek Namiesnik. Trend in analytical chemistry, no7. 2000
 - 7- Passive sampling techniques for monitoring pollutants in water. Trends in Analytical Chemistry, Vol. 24, No. 10, 2005.
 - 8- Passive sampling. trends in analytical chemistry, vol. 21, no. 4, 2002
 - 9- Passive sampling as a tool for obtaining reliable analytical information in environmental quality monitoring. B. Zabiegała et al. Anal Bioanal Chem (2010) 396:273-296.
 - 10-Partitioning of Organo-chlorine pesticides from water to polyethylene. S.E. Hale et al. / Environmental Pollution 158 (2010) 2511e2517.
 - 11-Protocol for Use of Five Passive Samplers to Sample for a Variety of Contaminants in Groundwater. DSP-5. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Diffusion/Passive Sampler Team. 2007.
 - 12-Rapid Chemical and Biological Techniques for Water Monitoring. Catherine Gonzalez, Philippe Quevauviller and Richard Greenwood. 2009, John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 978-0-470-05811-4.
 - 13-A rapidly equilibrating, thin film, passive water sampler for organic contaminants. T. St. George et al. / Environmental Pollution xxx (2010) 1e6.
 - 14-Application and Evaluation of a New Passive Sampler for Measuring Average Solute Concentrations in a Catchment Scale Water Quality monitoring study. Environmental science & technology/ vol.44,no.4,2010
 - 15-Water quality monitoring of pharmaceuticals and personal care products using passive samplers. M.j.m. Wells, L.H. Keith, T. Jones-Lepp and C. Daughton. U.S. EPA, August 22-26, 2004.
 - 16- Comparing the passive sampler and bio-monitoring of organic pollutants in water. El-Shenawy, N.S. et al. Ocean Sci. J. (2009) 44(2): 69-77.
- نمی کند؛ به همین دلیل برای آب های بسیار آلوده مانند فاضلاب مناسب نیست.
- POCI**: از جاذب جامد که بین دو غشای متخلخل قرار گرفته تشکیل شده است. ذرات بزرگ مثل رسوبات و ذرات معلق نمی توانند از آن عبور کنند. شامل مخلوطی از سه جاذب است که تلفیق آنها اجازه پایش ترکیبات مختلف را می دهد. مزیت این نمونه بردار این است که برای استخراج آنالیت های جذب شده توسط جاذب به حلال آلی کمتری نیاز است. این نمونه بردار می تواند برای پایش آنالیت های آفت کش های قطبی، هورمون های طبیعی و سنتزی، آلاینده های آلی قطبی (POCs) و آب دوست و یا چربی گریز، PAHs و PCBs استفاده شود.
- Chemcatcher**: از یک بدنه پلاستیکی خنثی مثل پلی تترا فلئورو اتیلن (PTFE) و پلی کربنات ساخته شده، که محتوی صفحه جامد جاذب محدود شده در یک پلیمر متخلخل، و یک صفحه غشاء نفوذ پذیر است. دو سیستم طراحی متفاوت یکی برای ترکیبات غیر قطبی با ضریب تقسیم آب-اکتانول $\log K_{ow}$ بزرگتر از چهار و دیگری برای ترکیبات قطبی با $\log K_{ow}$ بین ۲ و چهار وجود دارد. در هردو از یک نوع فاز دریافتی ولی با غشاهای متفاوت استفاده شده است و برای پایش هیدروکربن های آروماتیک مانند PAH و آفت کش های ارگانوکلرین و برای ترکیبات آلی قطبی و غیر قطبی و فلزات سنگین (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn)، آلاینده های نوظهور مانند آلکیل فنول ها و استروئید و سولفونامید مناسب است.

نتیجه گیری

در سال های اخیر در دنیا به نمونه بردارهای غیر فعال به عنوان یکی از جدیدترین تکنولوژی در دسترس پرداخته شده و مقالات و گزارش های زیادی به چاپ رسیده است. این نمونه بردارها اطلاعات خوبی در مورد سطوح آلاینده در زمان مشخص به دست می دهند. با این وجود لازم است برای دستیابی به بهترین نتیجه، مطالعات آزمایشگاهی با توجه به نوع آلاینده، شرایط محیط، جنس نمونه بردار و دیگر عوامل تاثیر گذار انجام شود.

wqe@wrm.ir

آدرس الکترونیکی ارسال مطالب:

اعضای هیات تحریریه:

سارا شیخی نارانی، ساناز مصطفی پور، الهام قاسمی زیارانی،
جواد حسن نژاد، اصغر جهانی بهنمیری، شاهرخ محمودی

تلفن: ۸۸۹۳۹۶۳۱

فکس: ۸۸۹۳۹۶۳۰

-Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCI)

-Polar Organic Compounds (POCs)