

## Investigation, identification and measurement of pesticides and toxins and its impact on water resources in Tabriz

Nikmaram, S.<sup>1</sup>, Mohammadyari, S.<sup>2</sup>, Abolhasani, J.<sup>3\*</sup>, Ramazani, M.E.<sup>4</sup>, Riazati, A.<sup>5</sup>

1. Director of Water and Wastewater Quality Monitoring and Supervision Center, East Azerbaijan Water and Sewerage Company
2. Expert in charge of water quality control, East Azarbaijan Province Water and Sewerage Company
3. Department of Chemistry, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
4. Department of Environmental Science and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
5. Managing Director and Chairman of the Board, Yazd Province Water and Sewerage Company

\*Corresponding Author: [abolhasani@iaut.ac.ir](mailto:abolhasani@iaut.ac.ir)

(Received: 2022/2/23 Accepted: 2022/5/28)

### Abstract

Residues of pesticides and chemical toxins in water, crops, and food, which are a direct consequence of repeated, misplaced, and over-spraying of the crop during the growing season, seriously threaten the consumers' health. Therefore, the determination of residual toxins in drinking water sources is of crucial importance. After field studies on legal and illegal pesticides used in East Azerbaijan province, sampling was performed in four phases of identified water sources. Toxins and pesticides were extracted by air-assisted liquid-liquid microextraction and assessed using GC-MS. Following optimization of extraction conditions and device conditions, pH = 7, the salt content of 0.1 g, extraction time of 5 minutes, 5 suctions and 1,2,1,1-tetrachloroethane as the extraction solvent were selected as the optimal parameters. Under optimal conditions, a calibration diagram was drawn for the identified and extracted toxins. Malathion, diazinon, fenprothrin, atrazine, and chlorpyrifos was traced in Tabriz water sources.

**Conflict of interest:** None declared.

**Keywords:** Air-assisted liquid-liquid microextraction, Measurement, Pesticide and GC-MS

DOI: 10.30495/JFH.2022.1953111.1346

«مقاله پژوهشی»

## بررسی، شناسایی و اندازه‌گیری آفت‌کش‌ها و سموم و تأثیر آن بر منابع آبی شهر تبریز

سارا نیک‌مرام<sup>۱</sup>، سهیلا محمدیاری<sup>۲</sup>، جعفر ابوالحسنی<sup>۳\*</sup>، محمدابراهیم رضائی<sup>۴</sup>، اصغر ریاضتی<sup>۵</sup>

۱. مدیر آزمایشگاه کنترل کیفیت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی

۲. رئیس آزمایشگاه کنترل کیفیت آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی

۳. دانشیار گروه شیمی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۴. استادیار گروه علوم و مهندسی محیط زیست، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۵. مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب استان یزد

\*نویسنده مسئول مکاتبات: abolhasani@iaut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۴ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۳/۷)

### چکیده

باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و سموم شیمیایی در آب، محصولات کشاورزی و غذایی که پیامد مستقیم سمپاشی‌های مکرر، نابجا و بیش از حد محصول در دوران رشد است، سلامت مصرف‌کننده را به‌طور جدی تهدید می‌کند. بنابراین، شناسایی و تعیین باقی‌مانده سموم در منابع آب شرب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پس از مطالعات میدانی روی سموم مصرفی قانونی و غیرقانونی در استان آذربایجان شرقی، نمونه‌برداری در چهار فاز مختلف از منابع آبی مشخص شده انجام گرفت. سموم و آفت‌کش‌ها با روش میکرواستخراج مایع-مایع کمک شده با هوا استخراج شده و با دستگاه GC-MS شناسایی و اندازه‌گیری شدند. متعاقب بهینه‌سازی شرایط استخراج و شرایط دستگاهی، pH=۷، مقدار نمک برابر با ۰/۱ گرم، زمان استخراج ۵ دقیقه، تعداد مکش ۵ و حلال استخراج کننده ۱، ۲، ۱-تترا کلرو اتان به‌عنوان پارامترهای بهینه انتخاب شدند. در شرایط بهینه نمودار کالیبراسیون برای سم‌های شناسایی و استخراج شده ترسیم گردید. از نمونه‌های بررسی شده در منابع آبی شهر تبریز سموم مالتیون، دیازینون، فن پروپاترین، آترازین، کلروپیرفیوس و شناسایی شدند.

**واژه‌های کلیدی:** میکرواستخراج مایع-مایع، مایع کمک شده با هوا، اندازه‌گیری، آفت‌کش و GC-MS

## مقدمه

یکی از شاخص‌های بهداشتی تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (World Health Organization) برای ارزیابی سطح بهداشتی جامعه، دسترسی آن جامعه به آب آشامیدنی سالم است. متعاقب توسعه جوامع و رشد روزافزون جمعیت و افزایش مصرف آب، شاهد تولید حجم بالایی از فاضلاب‌هایی هستیم که حاوی آلاینده‌های متنوع زیست محیطی می‌باشند (Gao, et al., 2013). تهدیدها و چالش‌های کیفیت منابع آبی (میکروبی، نیترات، شوری، سولفات، فسفات، فلزات سنگین، تری‌هالو متان‌ها، داروها، سموم و...) منجر به تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب جهت کنترل کیفیت منابع آبی شده است تا با پایش مستمر آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی منابع آبی سطحی و زیرزمینی، آب سالم تولید و توزیع نمایند.

ورود کنترل نشده منابع آلوده کننده به آب‌های سطحی و زیرزمینی باعث پایین آمدن کیفیت آن‌ها می‌شود. کیفیت مطلوب فیزیکی و شیمیایی آب از نقطه نظر مقبولیت آن برای مصرف‌کننده، حفظ سلامتی مصرف‌کننده و نگهداری از سیستم شبکه آب ضروری است (Zietz, et al., 2007).

آفت‌کش‌ها ترکیبات شیمیایی با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی متفاوت هستند که با هدف از بین بردن آفات، علف‌های هرز و عوامل آسیب‌رساننده به محصولات کشاورزی به صورت فزاینده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند (Poulsen, et al., 2007). اگرچه استفاده

از آفت‌کش‌ها مزایای زیادی مانند حفظ تولیدات کشاورزی و سود اقتصادی دارد، اما به دلیل نفوذ آن‌ها به داخل ماتریس محصولات و انتقال آن‌ها به آب‌های سطحی به‌عنوان عامل تهدیدکننده سلامتی انسان و محیط زیست تلقی می‌شوند (Yao, et al., 2001; Kjærstad, et al., 2010). آفت‌کش‌ها می‌توانند منجر به بروز سرطان، بیماری‌های طولانی مدت، نارسایی‌های داخلی، مسمومیت‌های شدید و حتی جهش‌های ژنتیکی شوند (Sanghi, et al., 2001) بنابراین کنترل باقی‌مانده آفت‌کش‌ها در منابع آبی، فرآورده‌های غذایی به‌خصوص در میوه‌های تازه و آب‌میوه‌ها و سایر نمونه‌های غذایی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است؛ اما آنالیز مستقیم آفت‌کش‌ها به‌طور مستقیم و بدون استفاده از روش‌های آماده‌سازی به دلیل پیچیدگی ماتریس نمونه‌ها و مقادیر غلظتی پایین در آن‌ها به آسانی صورت نمی‌گیرد. بنابراین اجرای روش آماده‌سازی نمونه برای شناسایی و اندازه‌گیری آفت‌کش‌ها در نمونه‌های مختلف غذایی و آبی از اهمیت بالایی برخوردار است.

آفت‌کش‌ها را می‌توان بر اساس ترکیب شیمیایی به دو دسته آفت‌کش‌های معدنی و آفت‌کش‌های آلی طبقه‌بندی کرد. آفت‌کش‌های معدنی به دو دسته طبیعی (گوگرد) و مصنوعی (مواد آرسنیک، جیوه، تالیوم و...) طبقه‌بندی شده‌اند. همچنین آفت‌کش‌های آلی نیز در دو دسته طبیعی (ترکیبات گیاهی، ترکیبات جانوری و روغن‌ها) و مصنوعی (نیتروفل‌ها، ارگانوفلورین‌ها، دورکننده‌ها، جلب‌کننده‌ها، تشدیدکننده‌ها، عقیم‌کننده‌ها، هورمون‌ها، ارگانوکلوکلرها، ارگانوفسفرها، کاربامات‌ها و پیرتروئیدها) طبقه‌بندی شده‌اند.

### - مواد و روش‌ها

سموم مورد مطالعه بر اساس اطلاعات اخذ شده از سازمان جهاد کشاورزی استان و سم فروشان (سموم مصرفی و توزیع شده در استان) انتخاب شدند. برای آنالیز نمونه‌های مختلف آبی از روش میکرواستخراج مایع-مایع کمک‌شده با هوا (ALLME (Air-assisted liquid-liquid microextraction) استفاده شد. برای این منظور ابتدا ۵ میلی‌لیتر از هریک از نمونه‌های آبی از مناطق مختلف استان آذربایجان شرقی را برداشته و به لوله آزمایش انتقال داده شد. سپس به آن مقدار ۰/۱ گرم NaCl با عیار تجزیه ای تهیه شده از شرکت (Merck, Germany) اضافه گردید. در مرحله بعدی پس از هم زدن و حل شدن کامل نمک به محلول حاصل مقدار ۶۰ میکرولیتر از حلال استخراج‌کننده ۱ و ۱ و ۲- تراکلرواتان با درجه خلوص تجزیه‌ای به‌عنوان حلال استخراج‌کننده خریداری شده از شرکت (Merck, Germany) افزوده شد. بعد از اضافه کردن حلال استخراج‌کننده در مرحله بعد با استفاده از سرنگ شیشه‌ای ۵ میلی‌لیتری، محتویات داخل لوله آزمایش را ۵ بار کشیده و با فشار تخلیه گردید. تشکیل محلول ابری دلیلی بر پخش مناسب محلول خواهد بود. در مرحله بعدی پس از پخش مناسب محلول مورد نظرمان، محلول ابری حاصل را به مدت ۵ دقیقه با سرعت rpm ۵۰۰۰ سانتریفیوژ می‌شود (دستگاه سانتریفیوژ مدل D-۷۲۰۰ ساخت شرکت (Hettich, Germany)). در این مرحله استخراج مناسب آفت‌کش‌ها و سموم در داخل محلول صورت گرفته در نهایت ۱ میکرولیتر از آفت‌کش‌ها و سموم استخراج‌شده و جمع‌شده در ته لوله آزمایش به دستگاه GC/MS (دستگاه کروماتوگرافی

در تحقیقی پژوهشگران غلظت باقیمانده سموم آفت‌کش‌ها را در نمونه‌های آبی با روش استخراج مایع-مایع پیش تغلیظ و با دستگاه کروماتوگرافی گازی کوپل شده با طیف سنجی جرمی اندازه‌گیری کرده اند. در این مطالعه فاکتور تغلیظ ۵۰ به دست آمده است (Kjerstine, et al., 2019).

طبق مطالعه‌ای در سال ۱۳۷۵ بقابای آفت‌کش‌های کلره در رودخانه آبریز دریای خزر بررسی شد و مقدار برخی از این سموم از جمله BHC (Benzene Hexa Chloride) تا غلظت ۰/۱۲ ppm گزارش گردید (Abbot, et al., 1996).

در مطالعه‌ای دیگر ۱۸ نوع از باقیمانده سموم در نمونه‌های آبی با روش استخراج فاز جامد پیش تغلیظ و با روش کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالای کوپل شده با طیف سنج جرمی جداسازی و اندازه‌گیری شده است. روش توسعه یافته بسیار گزینش پذیر، حساس و از صحت بالا برخوردار بوده است محدوده خطی روش ۵۰-۱۰۵ میکروگرم بر لیتر و بازایی روش ۷۰-۱۰۵ درصد گزارش شده است (Wenwen, et al., 2020).

پژوهشگران در مطالعه‌ای در سال ۱۳۸۵ مقدار باقیمانده حشره‌کش‌های مصرفی فسفره (آزینفوس متیل و دیازیتون) در آب و ماهی‌های رودخانه‌های قره‌سو و گرگانرود استان گلستان را مورد بررسی قرارداد (Bagheri, et al., 2006).

در مطالعه حاضر، سموم رایج مصرفی توسط کشاورزان در استان آذربایجان شرقی، براساس اطلاعات گرفته شده از سازمان جهاد کشاورزی استان و سم فروشان، انتخاب و در نمونه‌های منابع آبی مورد بررسی قرار گرفتند.

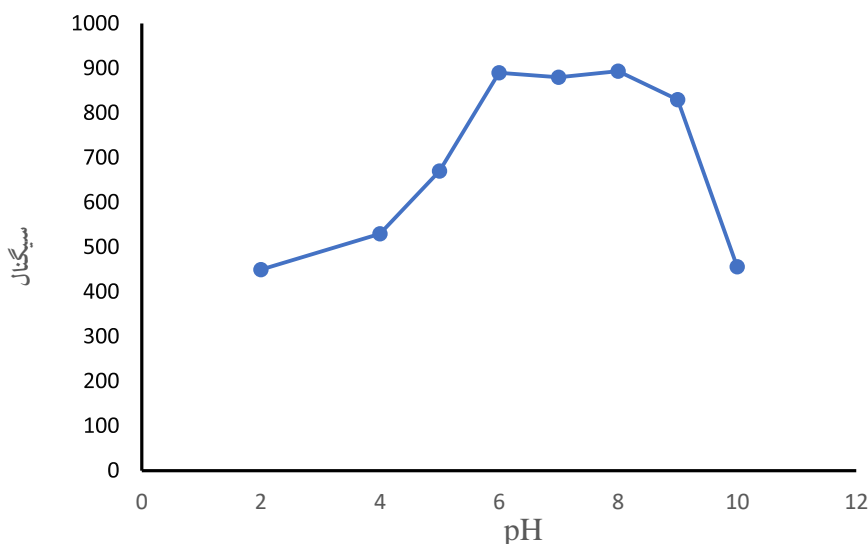
استخراج با روش میکرواستخراج مایع-مایع کمک‌شده با هوا اجرا شد و سموم استخراج‌شده شناسایی و اندازه‌گیری شدند.

#### - بهینه‌سازی شرایط آنالیز

##### - بهینه‌سازی pH

همان‌طور که در نمودار (۱) نشان داده شده‌است با افزایش pH، بازده استخراج بیشتر شده و مقدار سیگنال افزایش یافته است. در محدوده ۶ الی ۸ تغییرات pH تأثیر چندانی بر روی مقدار سموم استخراجی نداشته و سپس با افزایش pH، کارایی استخراج کاهش یافته‌است. دلیل کم بودن راندمان استخراج سموم در pH های اسیدی و بازی را می‌توان به باردارشدن آفت‌کش‌های مورد مطالعه دانست. با توجه به نمودار (۱)، مناسب‌ترین pH ۶-۸ انتخاب شده است.

گازی Agilent مدل A7890 مجهز به دتکتور اسپکترومتر جرمی Agilent مدل C5795 ساخت شرکت (Agilent Technologies, U.S.A) و دارای ستون کاپیلاری SPB-1 خریداری شده از شرکت (Supelco, U.S.A) آمریکا به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر و گاز هلیم با درجه خلوص ۹۹/۹۹۹۹۹٪ تهیه شده از شرکت (Gulf Cryo, UAE) تزریق شد. به منظور بررسی صحت روش و رسم نمودار کالیبراسیون از استاندارد آفت‌کش‌های موجود جدول (۲) (Merck, Germany) استفاده شد. آب دیونیزه تهیه شده از شرکت سرم‌سازی قاضی (تبریز، ایران) برای تهیه محلول‌های آبی مورد استفاده قرار گرفت. شرایط بهینه استخراج (مناسب‌ترین pH، مقدار بهینه نمک، بهترین حلال استخراج‌کننده و زمان استخراج بهینه) پس از بررسی‌ها و ترسیم نمودارهای بهینه انتخاب شدند. در شرایط بهینه، عمل

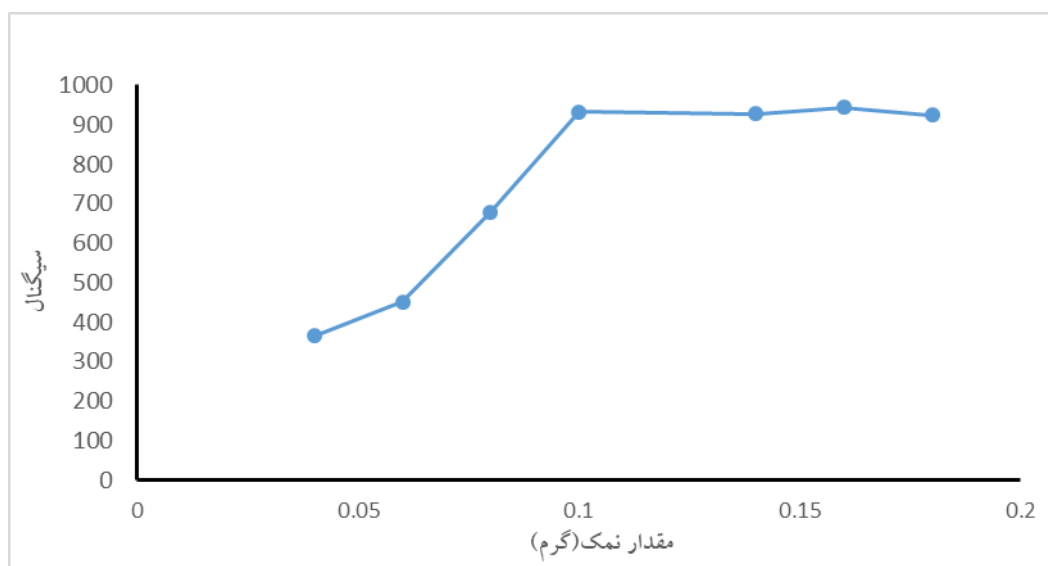


نمودار (۱)- بهینه‌سازی pH

## - بهینه‌سازی مقدار نمک

بر پدیده نمک‌زنی هست و این افزایش تا یک‌دهم گرم ادامه یافته پس از آن ثابت می‌ماند در نتیجه مقدار یک‌دهم به‌عنوان مقدار بهینه انتخاب گردید.

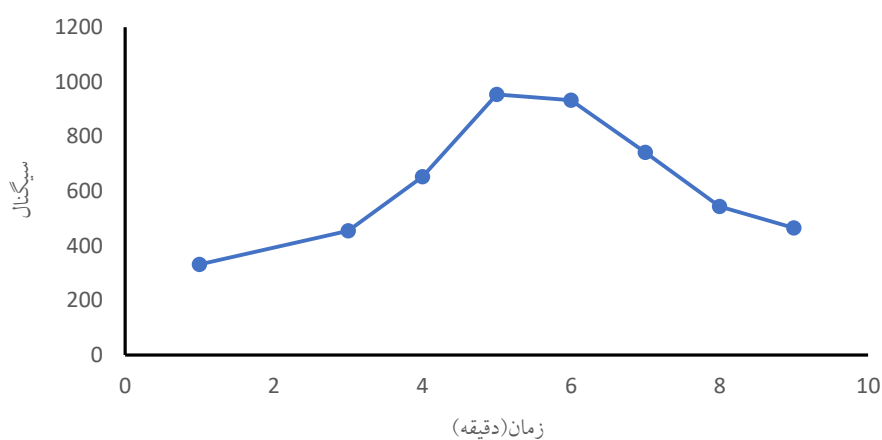
همان‌طور که در نمودار (۲) ملاحظه می‌شود با افزایش مقدار نمک شدت سیگنال افزایش یافته که دلیل



نمودار (۲)- بهینه‌سازی مقدار نمک

## - بهینه‌سازی زمان استخراج

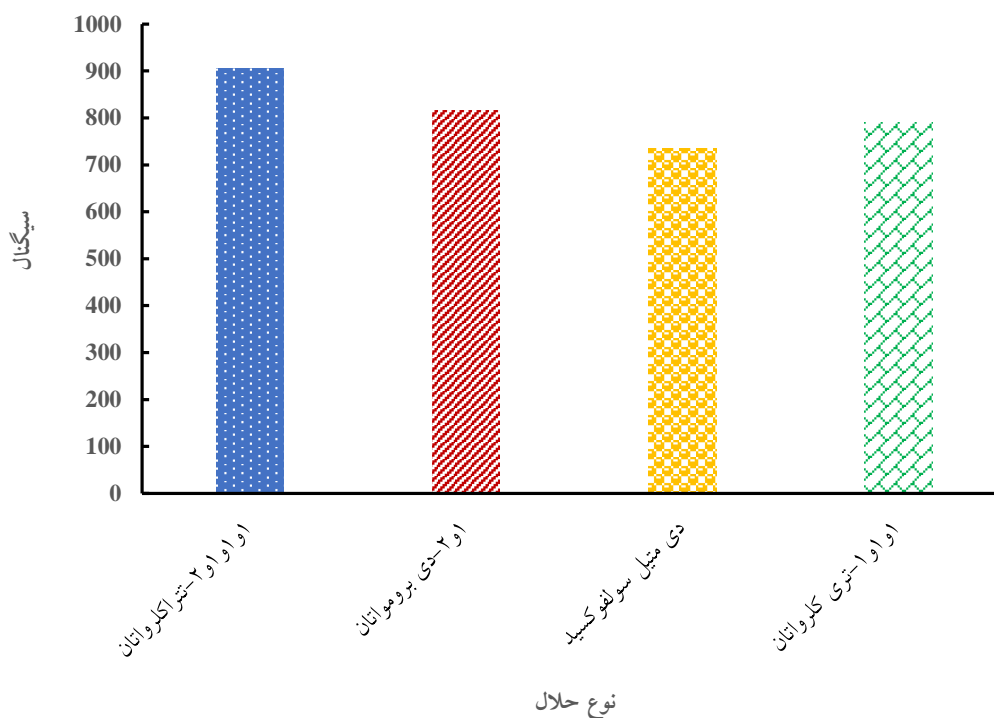
بر اساس نمودار (۳) زمان ۵ دقیقه به‌عنوان مناسب‌ترین زمان استخراج برای ادامه بررسی‌ها انتخاب شد.



نمودار (۳)- بهینه‌سازی زمان استخراج

## - بهینه‌سازی نوع حلال

باتوجه به نمودار (۴) از بین حلال‌های مطالعه‌شده، مناسب‌ترین و بهترین حلال ۱ و ۱ و ۱ و ۲-تتراکلرواتان می‌باشد.



نمودار (۴)- بهینه‌سازی نوع حلال

## یافته‌ها

مطالعه مقدار آفت‌کش‌های به‌دست‌آمده از مقدار مجاز استاندارد بالا نیست. همچنین لازم به توضیح است که در ماه‌های گرم سال تخریب سموم بیشتر اتفاق افتاده است. با این وجود متأسفانه در بعضی از نمونه‌ها سموم ممنوعه شناسایی شده است.

در جدول (۲) مقادیر کمی سموم شناسایی‌شده منابع آبی شهر تبریز در چهار فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان همچنین مقادیر استاندارد آفت‌کش‌های اندازه‌گیری‌شده آورده شده‌اند. همان‌طوری‌که ملاحظه می‌شود خوشبختانه در هیچ کدام از نمونه‌های مورد

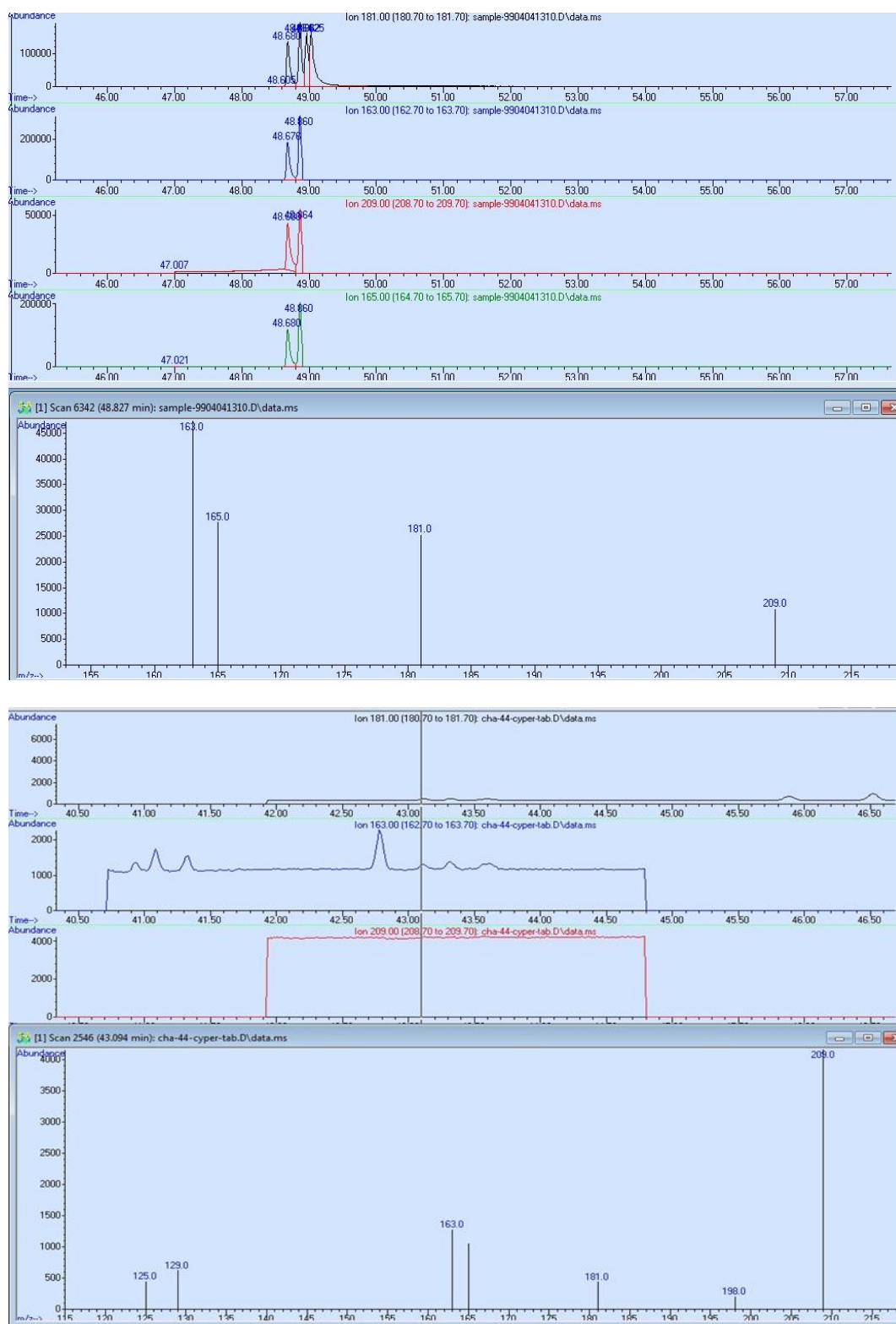
جدول (۲) - مقادیر کمی سموم شناسایی شده در منابع آبی مورد بررسی شهر تبریز (نانوگرم بر لیتر)

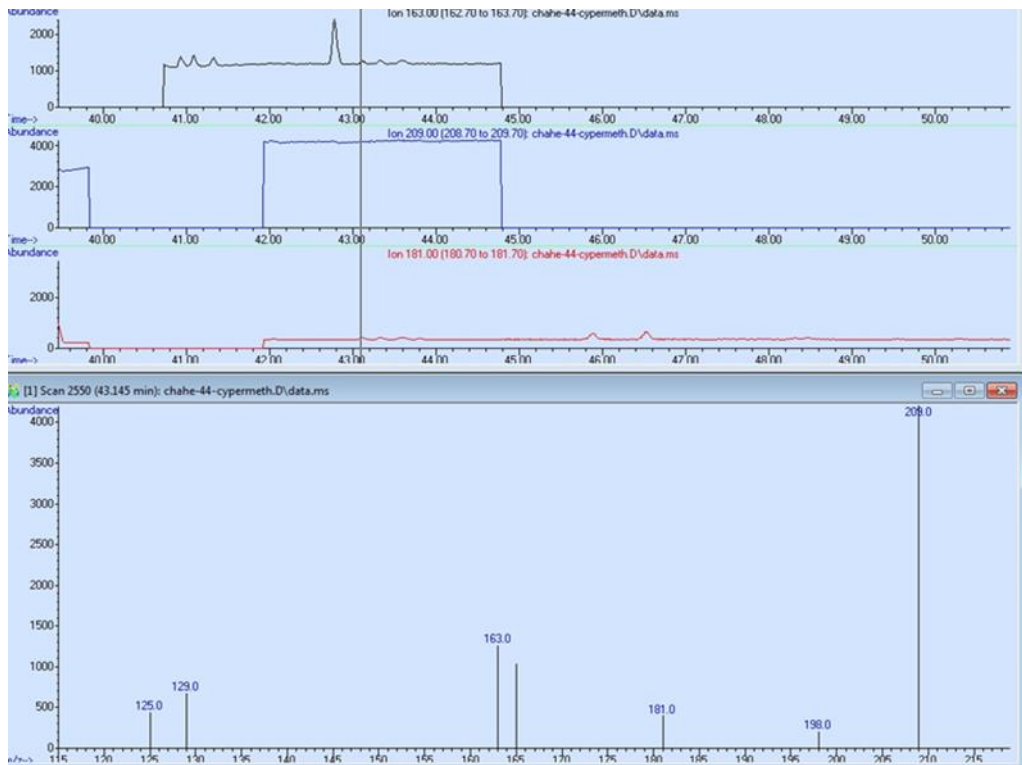
مقدار استاندارد	مقدار در نمونه‌ها				سموم یافت شده	محل نمونه برداری	ردیف
	زمستان	پاییز	تابستان	بهار			
۳۰	-	۰/۰۰۸	۰/۱	۸	Tebuconazole	چاه شماره ۵۵ قزلجه میدان	۱
۲۰	۰/۱	۰/۱۲	-	-	Pirimicarb		
۰/۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱	۰/۲	Cypermethrin	چاه شماره ۴۴ قزلجه میدان	۲
۱۰۰	-	۶/۷	۱۰	-	Permethrin		
۰/۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۶	Diazinon	چاه شماره ۷ کرجان	۳
۰/۱	-	-	-	۰/۰۷	Malathion		
۳	۰/۲	-	۰/۶	-	Atrazine	چاه شماره ۶۴ هروی	۴
۱۰۰	-	-	۰/۳	۶	Fenvalerate		
۰/۱	-	۰/۰۲۵	۰/۰۶	-	Malathion	ورودی تصفیه خانه نهند	۵
۳۰	-	۰/۰۳۲	-	-	Chloropyrifos	چاه شماره ۱۹ گوزل زمی	۶
۱۰۰	۲/۱	۲/۷	-	-	permethrin		
۰/۱	-	۰/۱۲	۰/۱۵	-	Propargite	چاه شماره ۴ سعیدآباد	۷
۲۰	۰/۰۸	۰/۱۶	-	-	Pirimicarb		
۳۰	۰/۰۲	-	۰/۰۶	-	Chloropyrifos	چاه شماره ۱ کرکج	۸
-	-	-	۰/۰۲	-	Chloropyrifos Methyl		
۰/۴	-	-	-	۰/۳	Ethion	چاه شماره ۶ کرجان	۹
۰/۴	-	-	-	۰/۲	Ethion		
۲/۴	-	-	-	۱/۵		چاه شماره ۳ پارک بزرگ	۱۰

مربوط به این ترکیب ادعایی بر حضور آن در نمونه اندازه گیری شده است. اما در فصل های تابستان و پاییز مقدار این آفت کش رو به کاهش یافته است و در فصل زمستان طبق نمودار (۵) به طور کامل تخریب و حذف شده است.

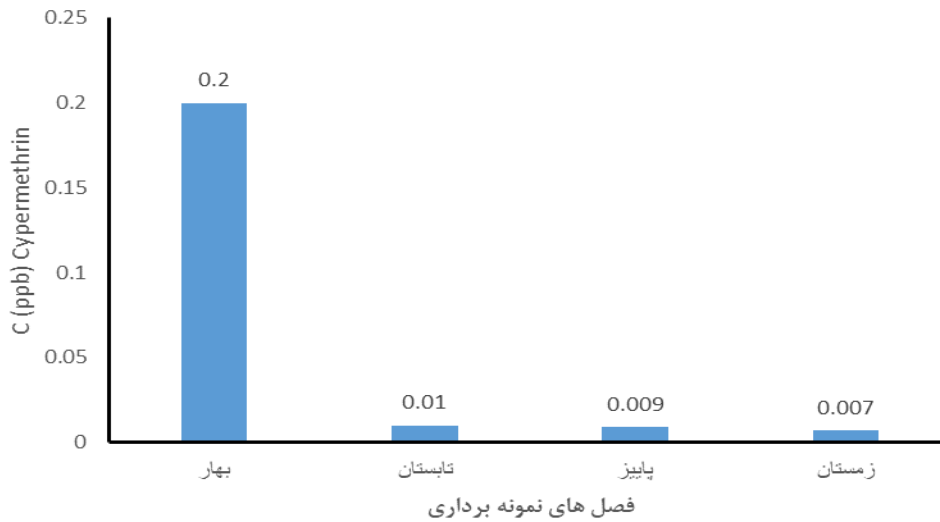
مطابق کروماتوگرام های مشاهده شده در شکل (۲) (۳)، حضور آفت کش سایپرمتترین چاه شماره ۴۴ قزلجه میدان در فصل بهار اثبات گردید. بر اساس نتایج به دست آمده پیک های مربوط به این آفت کش در حوالی زمان بازداری ۴۸ دقیقه ثبت گردید. همچنین طیف جرمی







شکل (۲) - کروماتوگرام و طیف جرمی مربوط به آفت کش سایپرمترین در چاه شماره ۴۴ قزلجه میدان شکل اول (فاز اول)، شکل دوم (فاز دوم)، شکل سوم (فاز سوم)، شکل چهارم (فاز چهارم)



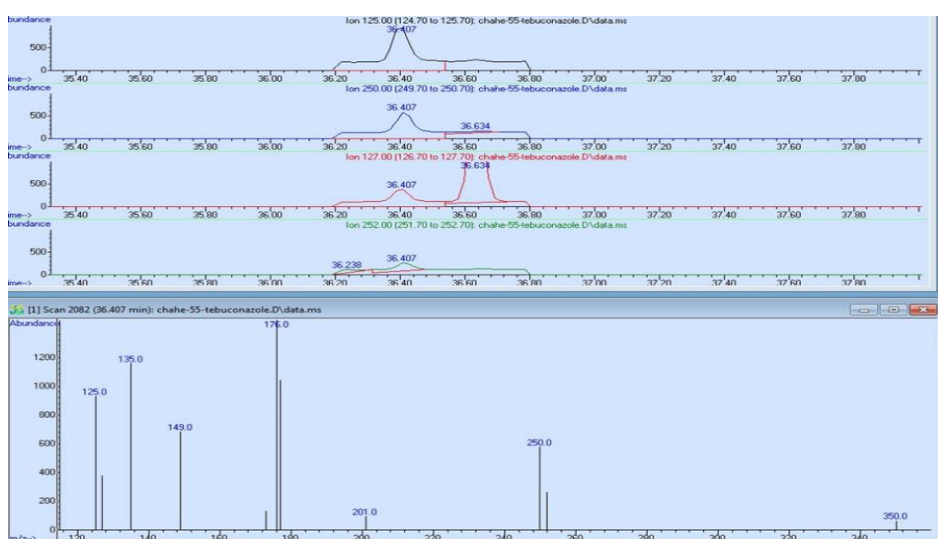
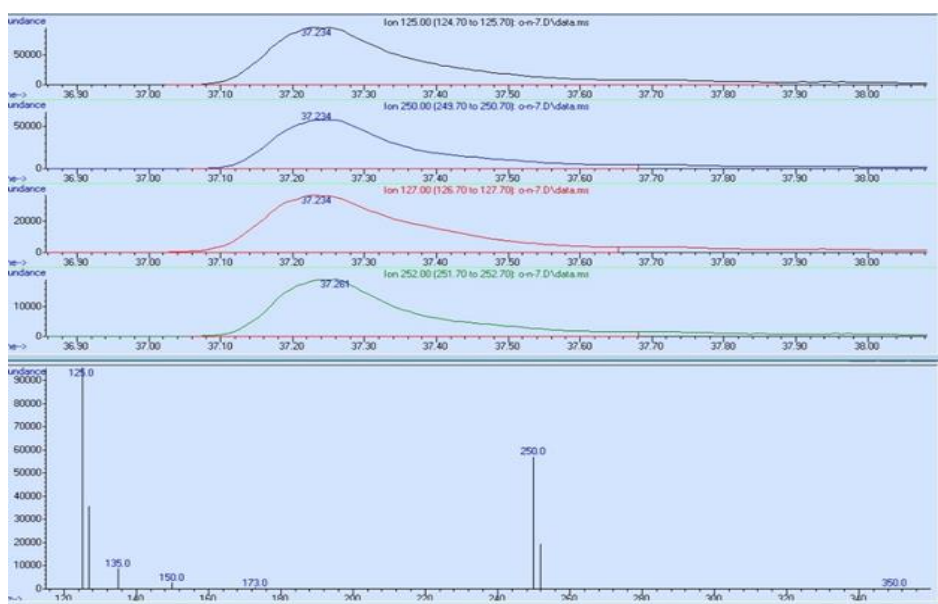
نمودار (۵) - مقادیر آفت کش سایپرمترین در فصل های مختلف در نمونه چاه شماره ۴۴ قزلجه میدان تبریز

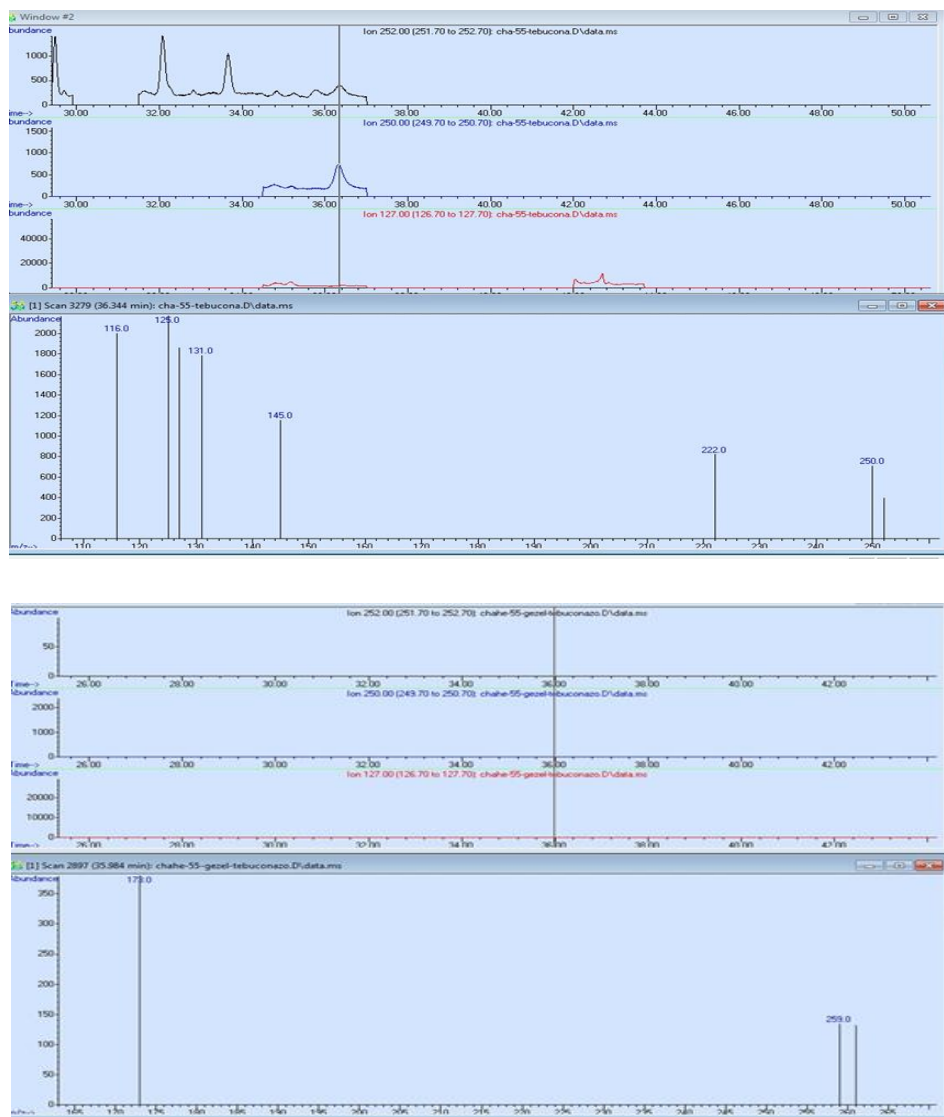
توکونازول در نمونه چاه شماره ۵۵ قزلجه میدان در فصل بهار اثبات شده بود و بر این اساس ظاهر شدن پیک

براساس نتایج به دست آمده در کروماتوگرام ها و طیف جرمی مربوطه در شکل (۲)، حضور آفت کش

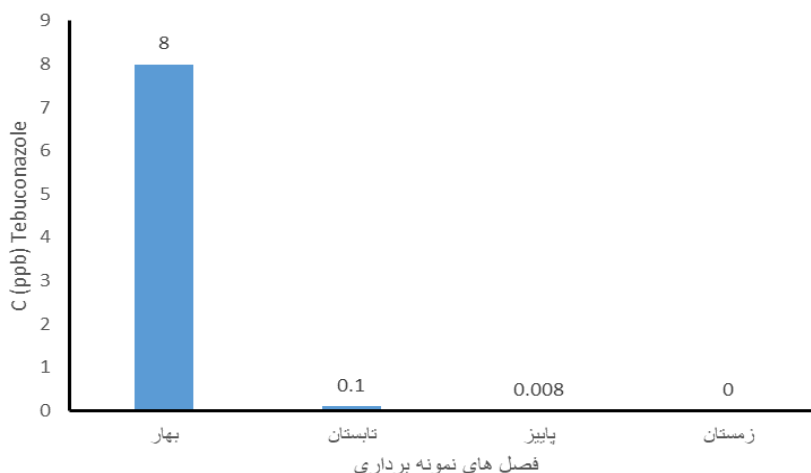
نهایت در فصل زمستان به‌طور کامل تخریب شده است. نمودار (۶) نیز کاهش و حذف این آفت‌کش در نمونه‌آبی مورد آنالیز را اثبات می‌کنند.

کروماتوگرافی در حوالی زمان بازداری ۳۷ دقیقه و هم‌چنین طیف جرمی مربوطه، ادعای قوی بر حضور این آفت‌کش در نمونه آبی موردنظر بود. اما طبق کروماتوگرام‌ها واضح است که مقدار آفت‌کش تبوکونازول در فصول تابستان و پاییز کاهش یافته و در





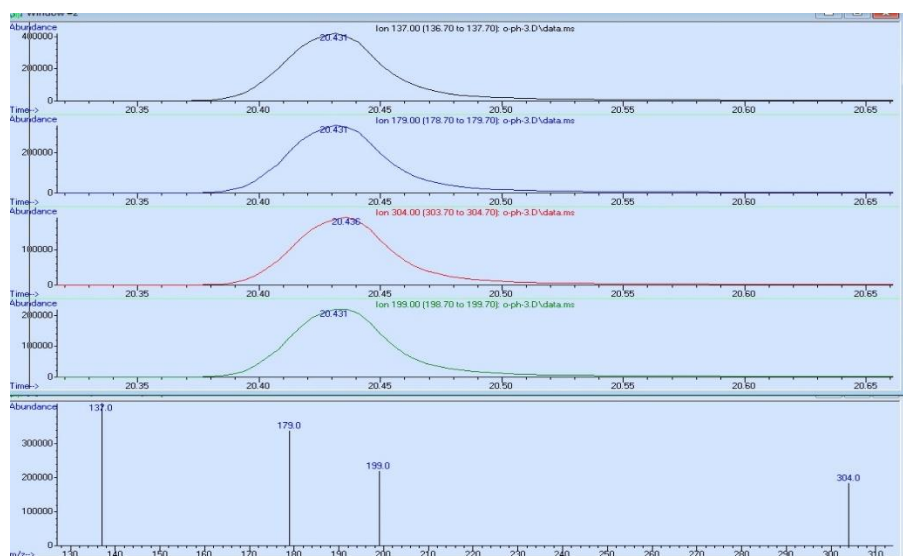
شکل (۳)- کروماتوگرام و طیف جرمی مربوط به آفت کش تبوکونازول در نمونه چاه شماره ۵۵ قرلجه میدان شکل اول (در فصل بهار)، شکل دوم (در فصل تابستان)، شکل سوم (در فصل پاییز)، شکل چهارم (در فصل پاییز)

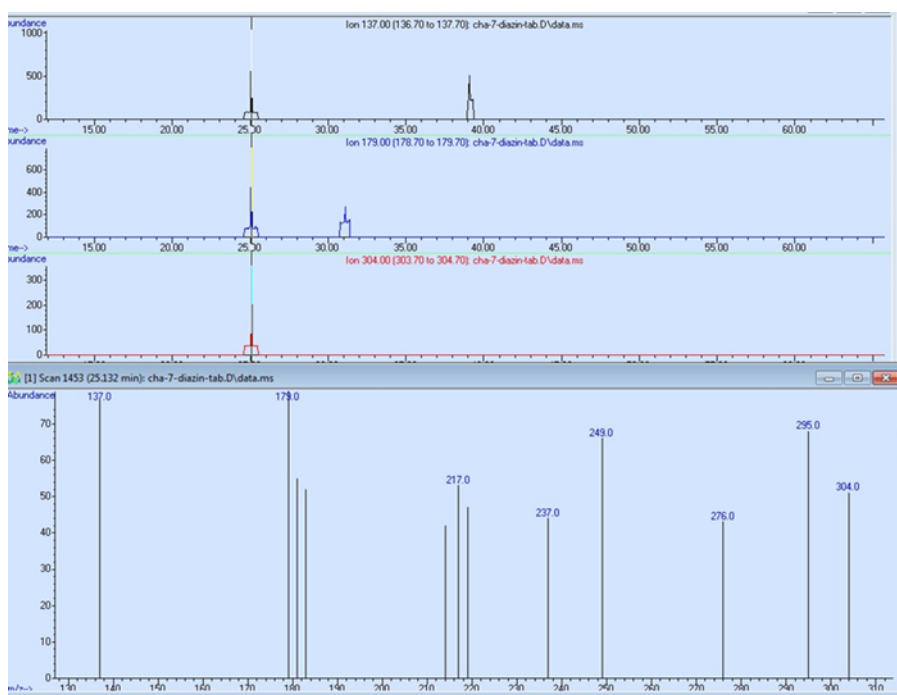
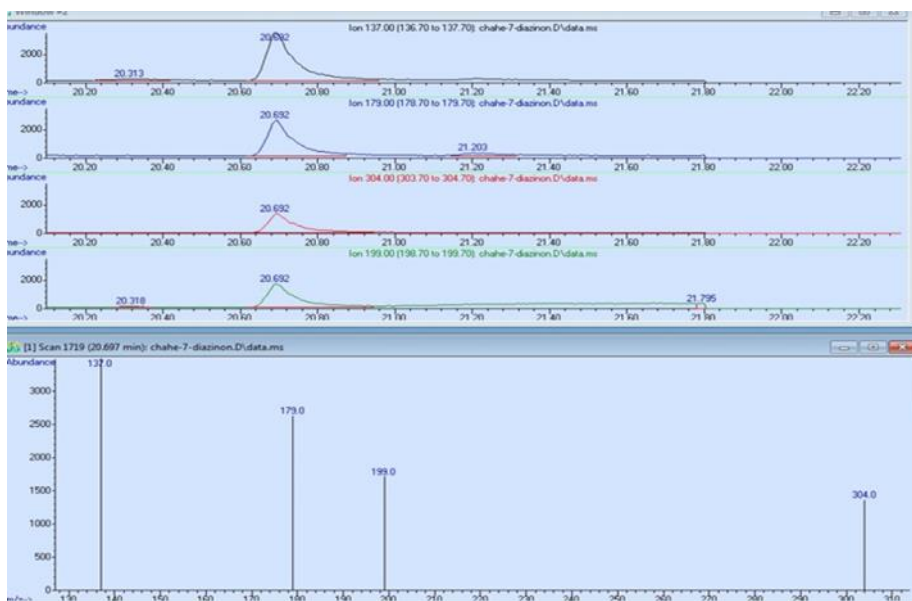


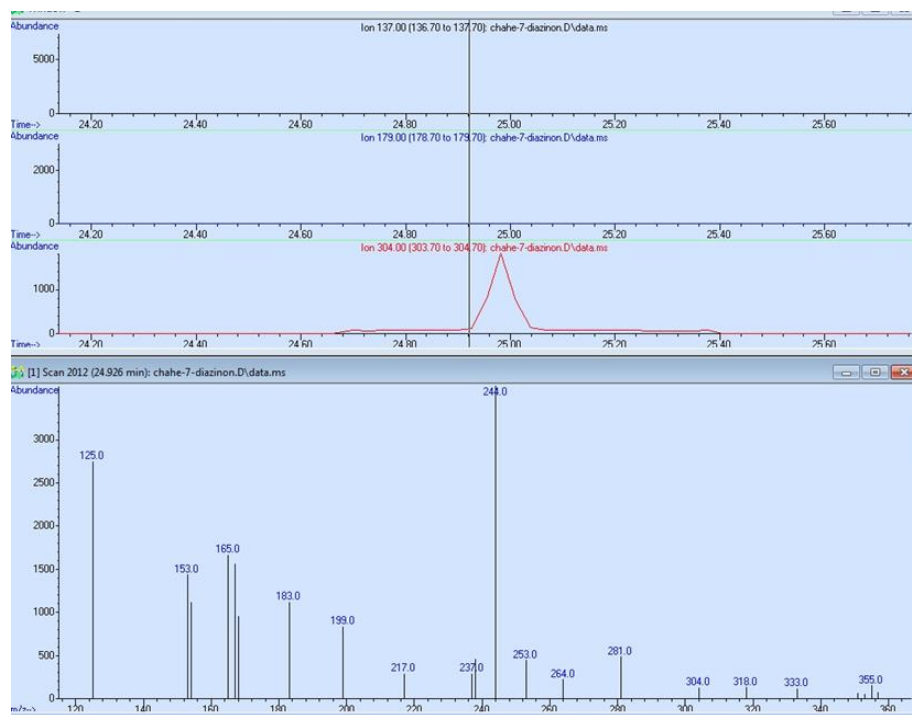
نمودار (۶) - مقادیر آفت‌کش تیوکونازول در فصل‌های مختلف در نمونه چاه شماره ۵۵ قزلبچه میدان تبریز

برخلاف نتایج حاصله در فصل بهار، طیف‌های جرمی مربوط به فصول تابستان، پاییز و زمستان، دلیل قانع‌کننده‌ای بر کاهش دیازینون و در نهایت تخریب و حذف آن از نمونه آبی مورد آنالیز را اثبات می‌کنند. نمودار (۷) نیز کاهش و حذف این آفت‌کش در نمونه آبی مورد آنالیز را اثبات می‌کنند.

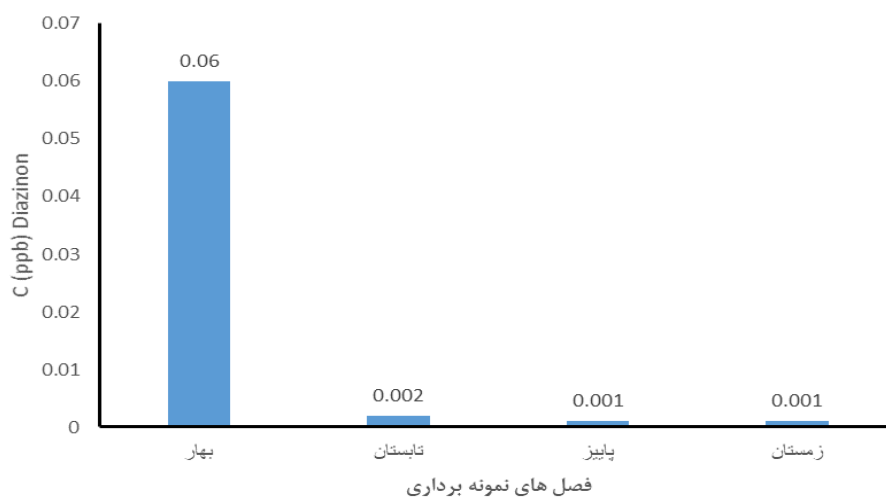
بر اساس نتایج به دست آمده و کروماتوگرام‌ها و طیف‌جرمی مربوطه در شکل (۴)، حضور آفت‌کش دیازینون در نمونه چاه شماره ۷ کرجان در بهار اثبات گردید. بر این اساس ظاهر شدن پیک‌های کروماتوگرافی در حوالی زمان‌های بازداری ۲۰ دقیقه به ترتیب برای دیازینون و همچنین طیف‌های جرمی مربوطه، ادعای قوی بر حضور این آفت‌کش در نمونه آبی مورد نظر است.







شکل (۴) - کروماتوگرام‌های مربوط به آفت‌کش دیازینون و هم‌چنین طیف‌های جرمی مربوطه در نمونه چاه شماره ۷ کرجان در شکل اول (فصل بهار)، شکل دوم (فصل تابستان)، شکل سوم (فصل پاییز)، شکل چهارم (فصل زمستان)



نمودار (۷) - مقادیر آفت‌کش دیازینون در فصل‌های مختلف در نمونه چاه شماره ۷ کرجان تبریز

## بحث و نتیجه‌گیری

مصرف جهانی سموم کشاورزی در حدود دو میلیون تن در سال است که ۴۵ درصد از سموم تنها توسط اروپا، ۳۰ درصد در ایالات متحده آمریکا و ۲۵ درصد در سایر نقاط جهان مصرف می‌شود. سهم مصرف سموم کشاورزی در جهان شامل ۴۷/۵ درصد علف‌کش‌ها، ۲۹/۵ درصد حشره‌کش‌ها، ۱۷/۵ درصد قارچ‌کش‌ها، ۵/۵ درصد سایر سموم است (De, et al., 2014).

نتایج مطالعات حاضر نشان داد در مقایسه نتایج به‌دست‌آمده در فصل بهار با نتایج دیگر فصل‌ها، برخی از آفت‌کش‌ها در فاصله بین نمونه‌برداری مرحله اول و سایر مراحل منتشر شده و به منابع آبی نفوذ پیدا کرده‌اند و منابع آبی را آلوده کرده‌اند. همچنین تخریب و عدم شناسایی برخی آفت‌کش‌ها در فصل زمستان در منابع آبی، در صورتی که در فصل‌های گذشته، سموم مذکور شناسایی و اندازه‌گیری شده بودند. عدم ردیابی آفت‌کش‌ها در نمونه‌های مختلف به طور کلی سه علت عمده می‌تواند داشته باشد، اول، عدم حضور آفت‌کش در نمونه مورد بررسی. دوم، مقدار باقی مانده آفت‌کش در نمونه مورد بررسی ناچیز و یا کم‌تر از حد تشخیص روش و دستگاه به‌کار رفته است. سوم، تجزیه و از بین رفتن آفت‌کش از طریق واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی گوناگون قبل از زمان نمونه‌برداری صورت گرفته‌است. پارامترهای مختلف مربوط به آب، خواص فیزیکی و شیمیایی سموم و شرایط محیطی از جمله عوامل مؤثر در تجزیه و تخریب سموم در منابع آبی گزارش شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به pH نمونه آبی، سختی آب، حلالیت و فشاربخار آفت‌کش، EC نمونه آبی، فرآیندهای زیستی و ... اشاره نمود. با

توجه به آمار اخذ شده از جهاد کشاورزی استان در خصوص میزان سموم پخش‌شده در بین کشاورزان و اطلاعات اخذ شده از سم فروشان به‌صورت میدانی نتایج به‌دست آمده در مورد سموم شناسایی شده در منابع آبی نشان می‌دهد سمومی که به میزان زیادی مصرف شده‌اند بیشتر منابع آبی را آلوده کرده‌اند. نمودارهای (۵) و (۶) نشان می‌دهند که با گذشت زمان مقدار تعدادی از سموم شناسایی شده کاهش، تخریب و حذف شده‌اند. کوچک بودن واحدهای بهره‌برداری، سطح پایین آگاهی کشاورزان، ضعف دانش فنی مناسب، شیوه‌های سنتی کشت و زرع و ... از عمده‌ترین عوامل مصرف نامناسب سموم کشاورزی محسوب می‌گردند. با توجه به محدودیت منابع آب و اثر مستقیمی که بر سلامت مردم و به‌طور کل توسعه دارد، بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های کشاورزی جهت نیل به توسعه پایدار از اهمیت اساسی برخوردار است. چنانچه کشاورزان بر اساس نتایج آزمون‌های آب و خاک و توصیه‌های کارشناسان مبادرت به مصرف منطقی کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات نمایند، مشکلات به حداقل خود خواهد رسید. به‌منظور جلوگیری از آلودگی بیشتر منابع آبی بایستی با به حداقل رساندن مصرف سموم شیمیایی، کاهش دوز مصرف سموم و مصرف به موقع آن‌ها، استفاده از آفت‌کش‌های انتخابی، غیرشیمیایی و سازگار با محیط زیست و در نهایت معرفی و به‌کارگیری شیوه‌های مدیریت تلفیقی آفات در دستور کار قرار گیرد که این روشی جهت دستیابی به توسعه پایدار در کشاورزی است.

زمان استخراج کم، بازده استخراج بالا، مصرف پایین حلال استخراج کننده از مزایای روش به‌کار رفته و عدم



استخراج و شناسایی برخی از سموم از معایب روش  
حاضر می‌باشد.

آذربایجان شرقی در به ثمر رسیدن این پروژه اعلام  
می‌نمایند.

### سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی و سپاس خود را از  
حمایت‌های مالی شرکت آب و فاضلاب استان

### تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافی برای اعلام  
ندارند.

### منابع

- Abbot, D.C. (1969). The application of thin layer chromatography technique to analysis residue. *Journal of Chromatography A*, 2: 638-644.
- Bagheri, F. (2006). The phosphorus intake of pesticide residues (Zynfvs methyl and diazinon) in Gorganroud and Qara Su river water and fish in Golestan province. *Journal of School of Public Health Institute of Public Health Research*, 6: 75-82.
- Bedass, T., Gure, A. and Megersa, N. (2017). The QuEChERS analytical method combined with low density solvent based dispersive liquid-liquid microextraction for quantitative extraction of multiclass pesticide residues in cereals. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 31(1): 1-15.
- De, A., Bose, R., Kumar, A. and Mozumdar, S. (2014), Chapter 2: Worldwide Pesticide Use. Targeted Delivery of Pesticides Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles, Chapter 2: Worldwide pesticide use, Springer Briefs in Molecular Science.
- Driskell, W.J., Shih, M., Needham, L.L. and Barr, D.B. (2002). Quantitation of organophosphorus nerve agent metabolites in human urine using isotope dilution gas chromatography- tandem mass spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology*, 26: 6-10.
- Farajzadeh, M.A., Bahram, M., Vardast, M.R. and Bamorowat, M. (2011). Dispersive liquid- liquid microextraction for the analysis of three organophosphorus pesticides in real samples by high performance liquid chromatography- ultraviolet detection and its optimization by experimental design. *Microchimica Acta*. 172: 465-470.
- Farajzadeh, M.A., Mohebbi, A. and Feriduni, B. (2016). Development of simple and efficient pretreatment technique named pH-dependent continuous homogeneous liquid-liquid extraction. *Analytical Methods*. 8: 5676-5683.
- Fernández, M., Picó, y. and Mañes, J. (2003). Simultaneous determination of carbamate and organophosphorus pesticides in honeybees by liquid chromatography- mass spectrometry. *Chromatographia*, 58: 151-158.
- Garrido Frenich, A., Martínez Vidal, J.L., Cruz Sicilia, A.D., González Rodríguez, M.J. and Plaza Bolaños, P. (2006). Multiresidue analysis of organochlorine and organophosphorus pesticides in muscle of chicken, pork and lamb by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 558: 42-52.
- Gao, P., Liu, Z., Tai, M., Sun, D.D. and Ng, W. (2013). Multifunctional graphene oxide-TiO<sub>2</sub> microsphere hierarchical membrane for clean water production. *Applied Catalysis B*, 138: 17-25.
- Honarpazhv, S. K. (1992). Investigate and determine the amount residual insecticides diazinon and methyl Foss Azin in the Mahabad river and Simineh. M.S. Thesis, Tehran University of Medical Sciences, Tehran. [In Persian].

- Kjerstine, R., Johan, L., Claudia, B., Åsa, O., Theo, L., Ove, J. and Jenny, K.A. (2019). Assessment of pesticides in surface water samples from Swedish agricultural areas by integrated bioanalysis and chemical analysis. *Environmental Sciences Europe*, 31: 53-59.
- Kjærstad, M.B., Taxvig, C., Nellemann, C., Vinggaard, A.M. and Andersen, H.R. (2010). Endocrine disrupting effects in vitro of conazole antifungals used as pesticides and pharmaceuticals. *Reproductive Toxicology*, 30: 573–582.
- Li, J., Sun, M., Chang, Q., Hu, X., Kang, J. and Fan, C. (2017). Determination of pesticide residues in teas via QuEChERS combined with dispersive liquid–liquid microextraction followed by gas chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 80: 1447-1458.
- Poulsen, M.E., Hansen, H.K., Sloth, J.J., Christensen, H.B. and Andersen, J.H. (2007). Survey of pesticide residues in table grapes: determination of processing factors intake and risk assessment. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 24: 886–895.
- Ruiz, C., Llamas, G., Puerta, A., Blanco, E., Medel, A. and Marina, M. (2005). Enantiomeric separation of organophosphorus pesticides by capillary electrophoresis. Application to the determination of malation in water samples after preconcentration by off-line solid-phase extraction. *Analytica Chimica Acta*, 543: 77-83.
- Sanghi, R. and Tewari, V. (2001). Monitoring of pesticide residues in summer fruits and vegetables from Kanpur. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67: 587–593.
- Torbati, M.A., Farajzadeh, M.A., Torbati, M., Alizadeh Nabil, A.A., Mohebbi, A. and Afshar Mogaddam, M.R. (2018). Development of salt and pH–induced solidified floating organic droplets homogeneous liquid–liquid microextraction for extraction of ten pyrethroid insecticides in fresh fruits and fruit juices followed by gas chromatography–mass spectrometry. *Talanta*, 176: 565–572.
- West, C., Cieslikiewicz–Bouet, M., Lewinski, K. and Gillaizeau, I. (2013). Enantiomeric separation of original heterocyclic organophosphorus compounds in supercritical fluid chromatography. *Chirality*, 25: 230–237.
- Wu, C., Liu, N., Wu, Q., Wang, C. and Wang, Z. (2010). Application of ultrasound–assisted surfactant–enhanced emulsification microextraction for the determination of some organophosphorus pesticides in watersamples. *Analytica Chimica Acta*, 679: 56–62.
- Wenwen, Z., Yang, S., Zou, N., Xu, L., Pan, C. and Mu, W. (2020). [Determination of 18 pesticide residues in environmental water by solid phase extraction-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry]. *Chinese Journal of Chromatography*, 8: 826-832.
- Yao, Z., Jiang, G., Liu, J. and Cheng, W. (2001). Application of solid–phase microextraction for the determination of organophosphorus pesticides in aqueous samples by gas chromatography with flame photometric detector. *Talanta*, 55: 807–814.
- Zhou, Q., Bai, H., Xie, G. and Xiao, J. (2008). Trace determination of organophosphorus pesticides in environmental samples by temperature controlled ionic liquid dispersive liquid–phase microextraction. *Journal of Chromatography A*. 1188: 148–153.
- Zietz, B.P., Laß, J. and Suchenwirth, R. (2007). Assessment and management of tap water lead contamination in Lower Saxony Germany. *International Journal of Environmental Health Research*, 17(6): 407-18.