



کاربرد فرآیند فتوکاتالیستی Ag-ZnO/UV-C در تجزیه سم ۲, ۴-دی کلرو فونو کسی استیک

اسید در محلول های آبی

نویسندگان: محمد تقی قانعیان^۱، معصومه طباطبایی^۲، محمد حسن احرامپوش^۳، علی دهقانی^۴، محمدرضا نفیسی^۵

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۲. استاد گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

۳. استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۴. استادیار گروه اپیدمیولوژی و آمار، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۵. نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید

Email: mreza.nafisi@yahoo.com

صدوقی یزد تلفن تماس: ۰۹۱۳۱۵۶۹۵۶۶

چکیده

مقدمه: انواع گوناگونی از سموم به منظور مبارزه با علف های هرز مورد استفاده قرار می گیرند. ورود بقایای این آلاینده های مقاوم به منابع تأمین آب شرب می تواند اثرات مخربی بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشد. در سال های اخیر استفاده از روش های اکسیداسیون پیشرفته برای حذف سموم از محیط زیست به ویژه محیط های آبی، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

روش بررسی: در این تحقیق، نمونه های مورد نظر با اضافه نمودن غلظت های (۳۰، ۲۰، ۱۰ mg/L) از سموم مورد مطالعه به آب دیونیزه تهیه گردید. نمونه ها در مراحل جداگانه در سیستم ناپیوسته با مقدار کاتالیزور (۴ g/L) و (۲، ۱، ۳ pH) و (۱۱، ۹، ۷، ۵، ۳) و زمان تماس (۲۴۰، ۱۸۰، ۱۲۰، ۶۰ دقیقه) در معرض تماس توأم Ag/ZnO و UV-C قرار گرفتند.

یافته ها: بر اساس نتایج با کاهش غلظت سم (2, 4-D) و افزایش زمان واکنش، راندمان تجزیه افزایش می یابد. و بیشترین راندمان تجزیه برای زمان ۲۴۰ دقیقه و غلظت اولیه سم (2, 4-D) mg/L ۱۰ برابر ۹۶ درصد بوده است. همچنین مطالعه سینتیک تجزیه سم (2, 4-D) توسط فرآیند فتوکاتالیستی Ag/ZnO در حضور نور UV-c با مدل شبه درجه اول مطابقت دارد.

نتیجه گیری: بیشترین کارایی تجزیه سم (2, 4-D) توسط فرآیند فتوکاتالیستی Ag/ZnO تحت شرایط pH خنثی و با افزایش زمان واکنش و کاهش غلظت سم (2, 4-D) حاصل می شود.

واژه های کلیدی: فتوکاتالیست، نانو ذرات، علف کش ۲, ۴-دی کلرو فونو کسی استیک، Ag/ZnO، آلودگی

آب

طلوع بهداشت

دوماهنامه علمی پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال چهاردهم

شماره: ششم

ویژه نامه ۱۳۹۴

شماره مسلسل: ۵۴

تاریخ وصول: ۱۳۹۲/۵/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۵

مقدمه

در میان مواد شیمیایی متعددی که در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ۲، ۴- دی کلروفنوکسی استیک اسید ترکیبی است که به‌طور گسترده برای کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بقایای این ترکیب به علت حلالیت زیاد پس از مصرف به‌راحتی به آب‌های سطحی راه می‌یابد. آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا حد مجاز برای این علف‌کش در آب را ۰/۱ ppm بیان کرده است (۱، ۲). سازمان بهداشت جهانی ۷۰ $\mu\text{g/L}$ را به‌عنوان حداکثر غلظت مجاز برای آب آشامیدنی بیان کرده است (۳). تخریب طبیعی (2, 4-D) در آب بسیار کند است، نیمه‌عمر آن در موقعیت‌های مختلف حدود ۶ تا بیش از ۱۷۰ روز است (۴). بر اساس نتایج مطالعات گذشته، خوردن (2,4-D) توسط حیوانات آزمایشگاهی منجر به اثرات نامطلوب بر روی چشم، تیروئید، کلیه‌ها، غدد آدرنال، تخمدان یا بیضه‌ها می‌گردد (۵، ۶). به‌علاوه برای گونه‌های مختلف حیوانات عوارض تراوتوژنیک، ژنوتوکسیک، نوروکسیک، سرکوب‌کننده سیستم ایمنی، سیتوتوکسیک به‌خوبی مستند شده است (۵). بنابراین، مطالعه حذف بقایای این ترکیب از منبع آب لازم است. تا به حال، روش‌های حذف متعددی نظیر جذب، تجزیه بیولوژیکی، فیلتراسیون غشایی، تصفیه الکتروشیمیایی و همچنین تخریب فوتوکاتالیستی توسط نانو ذرات جهت حذف سم (2,4-D) مورد بررسی قرار گرفته است (۴). اکثر روش‌های متداول معیایی نظیر، هزینه بالا، عدم حذف کامل آلاینده، نیاز به افزودن ترکیبات شیمیایی و تولید زیاد لجن که نیاز به تصفیه اضافی می‌باشند را دارا



هستند (۴، ۷). فرآیندهای اکسیداسیون فتوکاتالیستی توسط اکسیدهای فلزی و نیمه‌هادی‌ها در تجزیه آلاینده‌های آلی و عوامل میکروبی در سال‌های اخیر مورد توجه ویژه قرار گرفته است. مکانیزم این فرآیندها، تابش اشعه فرابنفش به فتوکاتالیزور و متعاقب آن برانگیختگی الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانایی است. برانگیختگی الکترون باعث تولید رادیکال‌های هیدروکسیل در محلول‌های آبی شده و همچنین با رفتن الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانایی حفره‌هایی در نوار ظرفیت ایجاد می‌شود که بسیار فعال بوده و می‌تواند مستقیماً با آلاینده‌های آلی جذب‌شده بر سطوح کاتالیست وارد واکنش شود یا غیرمستقیم از طریق تشکیل رادیکال هیدروکسیل این کار را انجام دهد. این فرآیندها جزئی از عنوان فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته ناهمگن (AOPs) بوده که در حذف آلاینده‌های زیست‌محیطی، از اهمیت خاصی برخوردار هستند (۸). در این تحقیق سعی شده است تا اثر فرآیند فتوکاتالیستی AG-ZnO/UV-C در تخریب ۲ و ۴-دی-کلروفنوکسی استیک اسید (2,4-D) که یکی از سموم برای علف‌کش است مورد بررسی قرار گیرد.

روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه آزمایشگاهی است، که طی آن تجزیه فتوکاتالیستی بر روی نمونه‌ها و به‌صورت منقطع انجام شده است. متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق شامل pH (۱۱، ۹، ۷، ۵، ۳) و غلظت اولیه سم ($10, 20, 30 \text{ mg/L}$)، زمان تماس ($20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 240$ دقیقه) و مقدار فتوکاتالیزور (4 g/L و $3, 1, 2$) بوده است. برای انجام این تحقیق ابتدا محلول غلظت 100 mg/L



فتوکاتالیستی تا غلظت ۲ گرم بر لیتر کارایی تجزیه سم ((2, 4-D افزایش و برای میزان ۳ g/L دارای سکون و یا کاهش جزئی بوده اما راندمان در میزان غلظت ۴ g/L نانوذره Ag/ZnO به سرعت کاهش یافته است. به نحوی که برای غلظت سم ((2, 4-D) mg/L ۲۰، pH=۷، غلظت نانوذره ۲ g/L و زمان واکنش ۱۸۰ دقیقه راندمان تجزیه سم ((2, 4-D) ۸۰ درصد بوده درحالی که تحت شرایط مشابه و برای غلظت ۴ g/L نانوذره مورد نظر راندمان تجزیه به ۴۷ درصد کاهش یافته است.

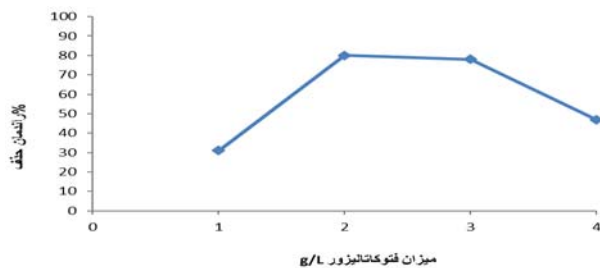
تأثیر pH در این تحقیق، جهت تعیین اثر pH بر فرآیند تجزیه سم ((2, 4-D) توسط نانوذره Ag/ZnO، اثر pH های (۱۱ و ۷،۵،۳،۹) بر محلول سم ((2, 4-D) با غلظت اولیه ۲۰ mg/L، میزان نانوذره اضافه شده به محلول در این مرحله ۲ g/L و زمان تماس ۱۸۰ دقیقه در حضور لامپ UV-C مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

با توجه به نتایج، بیشترین راندمان تجزیه سم ((2, 4-D) در pH=۷ مشاهده گردید. بر اساس نتایج با افزایش از ۳ به ۷ راندمان تجزیه افزایش یافته که به ترتیب از ۱۱ به ۸۵ درصد رسیده. از طرفی با افزایش pH از ۷ به ۱۱ مجدداً راندمان کاهش یافته به طوری که راندمان تجزیه در pH=۹ و ۱۱ به ترتیب ۱۶ و ۱۵/۵ درصد بوده است.

سم ۲، ۴-دی کلروفونوکسی استیک اسید با استفاده از پودر خالص تهیه گردید. سپس از محلول استوک، غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ سم تهیه شد. مقدار معینی از داخل بالن ۱۰۰ میلی لیتری که حاوی غلظت مشخص نمونه بود برداشته و به داخل ظرف شیشه‌ای ریخته و بر حسب متغیری که می‌خواستیم اندازه‌گیری کنیم (pH، زمان تماس، مقدار کاتالیزور) تحت آن شرایط ظرف شیشه‌ای را در معرض پرتو UV-C قرار داده شد و برای اینکه مواد داخل ظرف شیشه‌ای خوب مخلوط شوند از مگنت استفاده شد و لوله را بر روی همزن یا هیتر قرار داده شد و با توجه به اهداف مطالعه در طی زمان‌های مختلف تجزیه فتوکاتالیستی، نانو ذرات موجود در محلول با استفاده از دستگاه سانتریفوژ حذف و غلظت باقیمانده سم از طریق سنجش میزان جذب نوری در طول موج ۲۸۵ نانومتر و به روش اسپکتوفوتومتری اندازه‌گیری شد (۲، ۵، ۹، ۱۳).

یافته‌ها

تأثیر غلظت فتوکاتالیست Ag/ZnO در این قسمت از مطالعه فتوکاتالیزور Ag/ZnO در غلظت‌های (۴g/L و ۲، ۱، ۳) و در غلظت ۲۰ mg/L از محلول سم ((2, 4-D) و pH=۷، ابتدا ۲۰ دقیقه در تاریکی و سپس ۱۸۰ دقیقه در حضور لامپ UV-C مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل در شکل ۱ نشان داده شده. با توجه به شکل ۱ با افزایش میزان نانو ذرات طی واکنش‌های



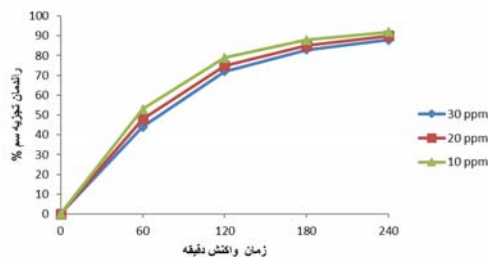
شکل ۱: اثر میزان فتوکاتالیزور Ag/ZnO بر کارایی تجزیه سم (2, 4-D) طی فرآیند تجزیه فتوکاتالیستی

جدول ۱: اثر pH محلول بر راندمان تجزیه سم (غلظت اولیه سم ۲۰ mg/L، زمان تابش ۱۸۰ دقیقه، Ag/ZnO = ۲ g/L)

راندمان تجزیه سم (2, 4-D) %	pH
۱۱	۳
۲۲	۵
۸۵	۷
۱۶	۹
۱۵/۵	۱۱

شکل ۲ با افزایش زمان واکنش تا زمان ۲۴۰ دقیقه راندمان تجزیه افزایش می‌یابد با این حال پس از زمان ۱۸۰ دقیقه میزان تجزیه تغییر قابل ملاحظه‌ای ندارد. بر اساس نتایج بهترین زمان تجزیه سم (2, 4-D) طی فرآیند Ag/ZnO در ۱۸۰ دقیقه اول مشاهده شده است. به علاوه با افزایش غلظت سم راندمان تجزیه کاهش یافته است.

اثر غلظت اولیه سم و زمان واکنش در این مرحله از تحقیق میزان pH=۷ و میزان فتوکاتالیزور Ag/ZnO ۲ گرم بر لیتر بوده و اثر غلظت‌های سم (۳۰ mg/L و ۲۰، ۱۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ دقیقه) مورد بررسی قرار گرفت؛ که نتایج آن در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به

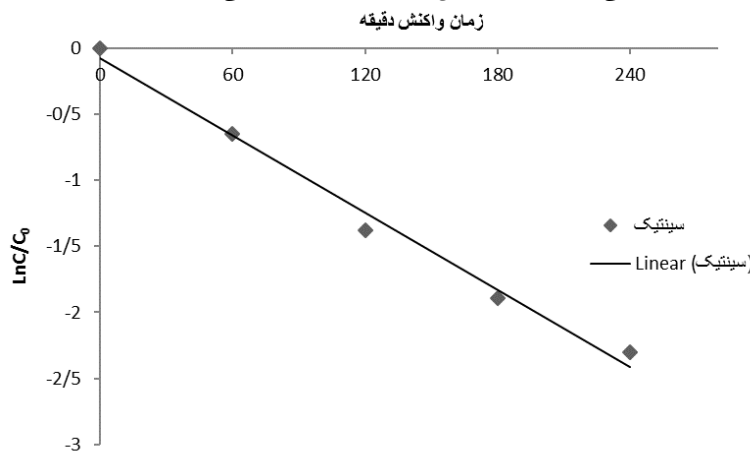


شکل ۲: اثر غلظت اولیه سم و زمان واکنش بر کارایی تجزیه سم (2, 4-D) طی فرآیند تجزیه فتوکاتالیستی (Ag/ZnO=۲g/L، pH=۷)



سینتیک واکنش، داده‌های تجزیه در حضور نور UV-C با استفاده از مدل شبه درجه اول بررسی شد که در نمودار ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده شد سینتیک واکنش تجزیه بر اساس مدل نامبرده مورد بررسی قرار گرفت. R^2 مدل شبه درجه اول در حضور UV-C برابر با ۰/۹۸۸ بوده این مدل به‌عنوان بهترین نمونه جهت توصیف رفتار سینتیکی تجزیه سم از محیط‌های آبی طی فرآیند فتوکاتالیستی در حضور Ag/ZnO انتخاب شد (۱۶، ۱۴، ۱۲).

سینتیک تجزیه سم (2,4-D) طی فرآیند فتوکاتالیستی یکی از مهم‌ترین عوامل برای طراحی سیستم اکسیداسیون فتوشیمیایی پیش‌بینی سرعت فرآیند تجزیه است که توسط سینتیک تجزیه آلایندها کنترل می‌شود. جهت تعیین سینتیک تجزیه سم توسط نانو ذرات Ag/ZnO، محلول سم با غلظت اولیه ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر و در زمان‌های (۲۴۰ و ۱۸۰، ۱۶۰، ۱۲۰) دقیقه، غلظت بهینه نانوذره ۲ mg/L و PH=۷ بررسی شد. جهت تعیین



نمودار ۳: مدل سینتیک شبه درجه اول در تجزیه سم (2, 4-D) طی فرآیند فتوکاتالیستی

بحث و نتیجه‌گیری

نانوکاتالیزور تا اندازه خاصی باعث افزایش راندمان می‌شود و بعد از آن به دلیل ایجاد کدورت در محلول و کاهش نفوذ پرتو UV-C باعث کاهش راندمان تجزیه آلاینده می‌شود (۱۷، ۱۰). در بررسی اثر pH های مختلف بر کارایی فرآیند فتوکاتالیستی، نتایج نشان داد که تغییرات pH تأثیر قابل توجهی بر میزان تجزیه سم دارد. علل این تأثیر بر تجزیه سم مورد نظر می‌تواند به تأثیر محیط بر خصوصیات سطحی نانوذره و شرایط یونی‌اسیون آلاینده

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تابش UV-C به‌تنهایی تأثیری در تجزیه سم (2, 4-D) ندارد. همچنین با افزایش غلظت فتوکاتالیزور Ag/ZnO از ۱ g/L به ۲ راندمان تجزیه سم افزایش قابل قبولی داشت و در غلظت‌های بالاتر راندمان تجزیه روند کاهشی داشته است. محققین دیگر نظیر دانشور و همکارانش (۱۳۸۵) و همچنین Ba-Abbad و همکارانش (۲۰۱۰) به این نتیجه رسیدند غلظت



(۲۰۱۳)، Akpan و همکارانش (۲۰۱۱) نیز به این نتیجه دست یافتند (۱۶، ۱۵، ۱۱). و تجزیه آلاینده موردنظر طی فرآیند فتوکاتالیستی Ag/ZnO از سینتیک شبه درجه اول تبعیت می‌کند در مطالعه‌ای که طباطبایی (۲۰۱۱) و Galindo و همکاران (۲۰۰۸) انجام دادند نیز به همین نتایج دست یافتند (۱۸، ۱۷).

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی یزد در قالب پایان‌نامه دانشجویی انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

موردنظر مرتبط باشد؛ که بیشترین راندمان تجزیه سم در این مطالعه در $\text{pH}=7$ مشاهده می‌شود. به‌علاوه با افزایش زمان واکنش (2, 4-D) راندمان تجزیه افزایش یافته و با افزایش غلظت سم راندمان تجزیه کاهش یافته، علت آن این است که تحت شرایطی که دوز کاتالیزور، شدت نور و مدت‌زمان تابش ثابت بوده ولی غلظت اولیه آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین، تعداد رادیکال‌های هیدروکسیل تشکیل شده بر روی سطح کاتالیست ثابت است. همچنین در غلظت‌های بالاتر سم قسمتی از اشعه ممکن است جذب مولکول‌های سم شود. بنابراین در غلظت‌های پایین‌تر سم، راندمان تجزیه بیشتر از غلظت‌های بالاتر است. محققین دیگر نظیر Abdullah و همکارانش (۲۰۱۳)، همچنین Bian و همکارانش

References

- 1- Pirsahab M, Sharafi k, dargahi a. Performance of Granular Activated Carbon to 2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid Aemoval from Aqueous Environments . Iran. J. Health & Environ 2012; 2: 28-21. [persian]
- 2- KunduS, Pal A, Dikshit A. UV induced degradation of herbicide 2,4-D: kinetics, mechanism and effect of various conditions on the degradation. Chemical Engineering Journal 2006: 122-9
- 3- Han D, Jia W, Liang H. Selective removal of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid from water by molecularly-imprinted amino-functionalized silica gel sorbent. Journal of Environmental Sciences 2010; 22(2): 237-41.
- 4- Bian X, Chen J, Ji R. Degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) by Novel Photocatalytic Material of Tourmaline-Coated TiO_2 Nanoparticles: Kinetic Study and Model. materials. 2013; (6): 1530-42
- 5- Akpan U G, Hameed B H. Photocatalytic degradation of 2,4- dichlorophenoxyacetic acid by Ca-Ce-W-TiO₂ composite photocatalyst. Chemical Engineering Journal 2011; 369- 75



- 6- Bukowska B. Toxicity of 2,4- Dichlorophenoxyacetic Acid – Molecular Mechanisms. Polish J of Environ Stud. 2006; 15: 365 -74.
- 7- Asadi A., Dehghani M, Zare M r, et al. Removal of chromium (VI) from aqueous solutions using process UV / ZnO, UV/H₂O₂ and UV/TiO₂. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences 2011; 3: 7-13 .[persian]
- 8- Parastar S, Poureshg Y, Nasser S, et al. Photocatalytic removal of nitrate from aqueous solutions by ZnO/UV process. Journal of Health and autumn 1391: 54 – 61. [persian]
- 9-Ying-hui YU, Jun MA, Yan-jun HOU. Degradation of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid in water by ozonehydrogen peroxide process. Journal o f Enuironmend Scietlces 2006; 18: 1043 - 9.
- 10-Daneshvar N, Khtayi A, Syed Raji M S, et al Application of nano-ZnO catalyst in the catalytic photo-oxidation of organic dye contaminated waters. Proceedings of the First Conference on Environmental Nanotechnology 1391: 578-569. [persian]
- 11- Samadi M, Khodadadi M, Rahmani A, et al. Comparison of the Efficiency of Simultaneous Application of UV/O³ for the Removal of Organophosphorus and Carbamat Pesticides in Aqueous Solutions. Journal of Water and Wastewater 1389; 1: 75-69. [persian]
- 12- Galindo F, G´omez R, Aguilar M. Photodegradation of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on nano crystalline TiO₂-CeO₂ sol-gel catalysts. Journal of Molecular Catalysis A 2008; 281: 119–25
- 13- Ba-Abbad M, Kadhum A A H, Mohamad A B, Takriff M S, Sopian K. Solar Photocatalytic Degradation of Environmental Pollutants Using ZnO Prepared by Sol-Gel: 2, 4- Dichlorophenol as Case Study. Int J of Thermal & Environmental Engineering 2010; 1(1): 37-42
- 14- Mahvi A, Ghanbarian M, Nabizade R, et al. Photocatalytic Degradation of Alkyle Benzene Solfunate (LAS) from Aqueous Solution Using TiO₂ Nanoparticles. Journal of Water and Waste 1392; 1-8. [persian]
- 15- Safari H, Ahmadpoor A, Mousavi S A, et al. Comparison of ZnO and TiO₂ nanoparticles for photocatalytic removal of aqueous acid Trftalyk. Fourteenth Congress of Chemical Engineering 1390; 5-1. [persian]
- 16- Asadi A, Dehghani H, Zare M r, et al. Removal of chromium (VI) from aqueous solutions using process UV / ZnO, UV/H₂O₂ and UV/TiO₂. North Khorasan University of Medical Sciences, Winter 1390; 3: 7-13 .[persian]



17-Tabatabaee M, Mirrahimi S A. Photodegradation of Dye Pollutant on Ag/ZnO Nanocatalyst under UV-irradiation. Oriental Journal of Chemistry 2011; 27(1): 65.

18- Galindo F, Gómez R, Aguilar M. Photodegradation of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on nanocrystalline TiO²-CeO² sol-gel catalysts. Journal of Molecular Catalysis A 2008; 28:119-25.



Application of the Photocatalytic Process of Ag-ZnO / UV-C for the Degradation of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid In Aqueous Solutions

Ghancian MT (Ph.D)¹, Tabatabaee M (Ph.D)², Ehrampoush MH (Ph.D)³, Dehghani A (Ph.D)⁴, nafisi MR (MS.c)⁵

1- Associate Professor Department of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

2- Professor Department of Chemical Engineering, Islamic Azad University, Yazd

3- Professor, Department of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

4- Assistant professor, Department of Biostatistics & Epidemiology, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences- Yazd, Iran.

5- MS.c Student of Environmental Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Abstract

Introduction: A variety of pesticides is used to combat weeds. Check-resistant residues of contaminants in drinking water resources have detrimental effects on human health and on environment. In recent years, advanced oxidation methods to remove toxins from the environment, particularly the aquatic environment is further considered.

Methods: In this study, samples adding different concentrations (mg/L 10, 20, 30) of pesticides were prepared in deionized water. Specimens of the individual phases in a batch reactor with the catalyst (g / L 1, 2, 3 and 4), pH (3, 5, 7, 9, 11) and contact time (60, 120, 180, 240 min) exposure contacts coupled Ag / ZnO and UV-c was performed.

Results: The results showed a reduction in pesticide concentrations (2, 4-D) and increasing the reaction time, the degradation efficiency increases. The highest degradation efficiency was for 240 minutes and the initial concentration of toxin was (2, 4-D) 10 mg/L to 96 percent. The kinetics of the elimination of toxins (2, 4-D) by the process of photocatalytic Ag / ZnO in the presence of UV-C light corresponded to the pseudo first.

Conclusion: The most effective degradation of toxins (2, 4-D) by the process of photocatalytic Ag / ZnO under conditions of neutral pH and with increasing reaction time and reduce toxin concentrations (2, 4-D) is the result.

Keywords: Photocatalyst nanoparticles, Pesticide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, Ag / ZnO, Water pollution