علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره هجدهم، شماره دو، تابستان ۹۶

بررسی توان گونه گیاهی *Ricinus communis* در جذب داروی متفورمین هیدروکلراید

سپیده حسینی [۱]

رکسانا موگویی [۲*]

r_moogoui@iau-tnb.ac.ir

مهدی برقعی [۳]

گلناز تجدد [۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۹ **تاریخ پذیرش:۹۴/۵/۳۱**

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه به منظور بررسی توان گونه گیاهی *Ricinus communis* در پالایش داروی متفورمین هیدروکلراید از محلول ها مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در روش گیاه پالایی برای پالایش محلول حاوی داروی متفورمین هیدروکلراید، ابتدا گیاهان گونه *Ricinus communis* در خاک کشت داده شد و سپس در شرایط کنترل شده و آزمایشگاهی در معرض جذب داروی متفورمین هیدروکلراید از محلول متفورمین هیدروکلراید با غلظت های متفاوت ۲۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر متفورمین هیدروکلراید به مدت ۱۴ روز قرار گرفت و در نهایت محلول به دستگاه HPLC برای تعیین غلظت باقی مانده داروی متفورمین هیدروکلراید تزریق شد.

یافته ها: در پایان ۱۴ روز مشخص گردید که گونه *Ricinus communis* دارای کارآیی ۴۵.۰۶ و ۲۱ درصد در دو غلظت ۲۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر در پالایش داروی متفورمین هیدروکلراید از محلول ها می باشد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان می دهد که حداکثر ۴۵ /۰۶ ٪ داروی متفورمین هیدروکلراید مورد پالایش قرار گرفته که مربوط به پایین ترین غلظت متفورمین هیدروکلراید (۲۰ میلی گرم بر لیتر) می باشد. این موضوع نشان می دهد *Ricinus communis* می تواند گونه متوسطی برای گیاه پالایی و جذب متفورمین هیدروکلراید از محلول ها باشد.

واژه‌های کلیدی: *Ricinus communis* ، گیاه پالایی، متفورمین هیدروکلراید.

۱- کارشناسی ارشد، مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۲- استادیار گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال [*](مسوول مکاتبات).

۳- استاد گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف تهران، ایران.

۴- استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال. تهران، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.2, summer, 2017

Study of potential *Ricinus communis* in Absorption of Metformin Hydrochloride

Sepideh Hosseini[1]
Roxana Moogouei*[2]
r_moogoui@iau-tnb.ac.ir
Mehdi Borghei[3]
Golnaz Tjadod[4]

Abstract

Background and Objective: This study has considered for potential plant species *Ricinus communis* of remediation metformin hydrochloride drug.

Method: In phytoremediation method for remediation of metformin hydrochloride solution, the first *Ricinus communis* has been cultured in the soil and then metformin absorption of solution has been kept with 20 ppm and 50 ppm in control and laboratory situation, for 14 days. Finally the solution has been injected to HPLC device to detected of remind metformin hydrochloride drug.

Findings: the end of 14 days has been recognized *Ricinus communis* has %45.06 and 21 % efficiency in two different 20 ppm and 50 ppm.

Discussion and Conclusion: This study has been shown that the maximum %45.06 has been remediated from metformin hydrochloride solution that related to minimum (20 ppm) of metformin solution. The result has been shown that *Ricinus communis* can be middle species for remediation of metformin hydrochloride drug from metformin hydrochloride solution.

Keywords:" *Ricinus communis"*, Phytoremediation, Metformin Hydrochloride.

1- MSc. of Environmental Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Departmant of Environmental planning, Management and Education, Islamic Azad University, Tehran, North Branch. *(Corresponding Author).
3-Professor , Department of Chemistry Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Biology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

در سال های اخیر پالایش زیستی به عنوان روشی سازگار با محیط زیست با کیفیتی مطلوب و هزینه های پایین تر مورد توجه بوده است(۱-۲). با توجه به گسترش جمعیت و افزایش شهرنشینی و به تبع آن افزایش بیماری ها، سرانه مصرف دارو در جهـان رو به افزایش است. متفـورمین از جمله داروهـایی می باشد که تولید آن در حال حاضر رو به گسترش است. بیشترین مصرف داروی متفورمین هیدروکلراید در درمان بیماری دیابت نوع ۲ می باشد و از آن جایی که این بیماری با مرض چاقی ارتباط مستقیم دارد، میزان مصرف آن روز به روز در حال افزایش می باشد. امروزه ورود پساب کارخانجات به آب های سطحی و زیر زمینی از معضلات محیط زیستی می باشد که کارخانجات دارویی از آن ها مستثنی نمی باشند. پیدایش داروها و متابولیت های آن ها و فرآورده های تغییر شکل یافته در محیط زیست به یک نگرانی تبدیل شده است، زیرا این ترکیبات به طور گسترده در طب انسانی و دام پزشکی مورد استفاده قرار گرفته و به طور مداوم در محیط زیست منتشر می شوند و ممکن است اثرات ناسازگار بر موجودات زنده داشته باشند (۳). بر خلاف بسیاری دیگر از ترکیبات، تعیین و کنترل میزان ترکیبات دارویی که وارد محیط زیست می شوند، بسیار دشوار است. داروها می توانند از طریق مسیرهای مختلف وارد محیط زیست شوند. فاضلاب کارخانه ها منبع اصلی این آلودگی هاست. راه دیگری که برای ورود مواد شیمیایی ترکیبات دارویی به منابع آبی وجود دارد، دفع و انهدام نامناسب و ناکافی داروهای تاریخ مصرف گذشته و ضایعاتی است. حتی مقادیر کم ترکیبات دارویی که وارد محیط آبی می شوند برای انسان و سایر جانداران به ویژه آب زیان خطرناک می باشند (۴)، که از آن جمله می توان به بروز اختلالاتی در کلیه، کبد و آبشش ماهی (۵) و نیز کاهش تنوع پلانکتون ها اشاره نمود (۶) گیاه پالایی یک تکنولوژی نوین، مقرون به صرفه و پایدار است که با استفاده از سیستم های گیاهی برای تصفیه آلاینده ها به کار می رود (۷). گیاه پالایی استفاده از گیاهان برای حذف، انتقال، تثبیت و یا کاهش آلاینده ها در خاک، رسوبات و آب می باشد (۸). این تکنولوژی می تواند هم برای آلاینده های آلی و هم آلاینده های معدنی موجود در خاک، آب و هوا به کارگرفته شود (۹). داروی متفورمین دارای فرمول مولکولی $C_4H_{11}N_5$ می باشد. این دارو در گروه بی گوآنیدها قرار می گیرد و تولید گلوکز کبدی را کاهش می دهد و مصرف گلوکز در بافت های محیطی را بهبود می دهد. این دارو هم چنین در درمان نازایی، درمان دیابت نوع دو، درمان چاقی، درمان آکانتوزیس نیکری کانس، درمان پرمویی، درمان آمنوره و القای تخمک کاربرد دارد. این دارو در محصولات دارویی به صورت نمک هیدروکلراید است و در محیط زیست به طور عمده به عنوان یک کاتیون ۲ بار یافت می شود(۱۰). محققین دریافته اند که متفورمین و محصول تخریب آن guanylurea درداخل گیاهان، برگ ها، دانه ها، میوه جات، غلات، سبزیجات و حبوبات جذب می شوند. هدف از این تحقیق نیز استفاده از روش گیاه پالایی در پالایش محلول های حاوی متفورمین هیدروکلراید و تعیین کارآیی گونه مورد مطالعه است.

روش بررسی

تکنولوژی های گیاهی، به شرایط اقلیمی و ارتفاع، ویژگی های آلاینده ها و کیفیت آب و خاک وابسته اند. در گیاه پالایی غربال گری گونه های گیاهی، انتخاب گونه هایی که قدرت جذب و تجمع دارو در بخش های گیاه را دارند، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. هم چنین در مدیریت زیست محیطی آلاینده ها استفاده از سیستم های پالایش و پالاینده هایی که برای استقرار نیازمند هزینه کمتر بوده و پیامدهای ناسازگار زیست محیطی کمتری دارند و همچنین انتخاب گونه های گیاهی که مقاوم بوده و پراکنش وسیعی در سطح کشور دارند، بهره وری روش های پالایش را ارتقا می بخشند. گیاهان در زمره ی متحمل ترین جانداران نسبت به آلاینده های سمی قرار دارند، که این ویژگی سودمندی آن ها جهت استفاده در علم نوظهور گیاه پالایی می باشد. از این رو، انتخاب دقیق و ژنوتیپ و خانواده ی گیاهی مناسب به منظور حصول سازگاری مطلوب

با محیط و آلاینده های خاص، عاملی حیاتی جهت موفقیت فن آوری گیاه پالایی محسوب می شود. در این تحقیق در گام نخست با مطالعات کتابخانه ای و جمع آوری مقالات مرتبط با موضوع پژوهش گونه گیاهی مناسب پالایش متفورمین هیدروکلراید تعیین گردید. *Ricinus communis* (کرچک) گیاهی است یک ساله، دوساله و پایا، علفی با درختچه های پرشاخ و برگ، به ارتفاع ۱ تا ۵ متر. ساقه آن تقریبا همیشه ضخیم، سبز متمایل به کبود یا متمایل به قهوه ای و پر شاخه است. برگ: غالبا بزرگ و وسیع، متناوب، دارای دم برگ بلند، گاهی با تقسیمات پنجه ای، دارای ۵ تا ۷ تقسیم یا بخش سر نیزه ای- دندانه دار، با گوشوارک های چسبنده به هم. گل کرچک تک جنس، کوچک، سبزفام، دارای کاسه ای با ۳ تا ۵ تقسیم، فاقد دیسک و گلبرگ، مجتمع در خوشه های مرکب در کنار برگ ها یا در انتهای ساقه، گل های پایینی گل آذین نر، دارای پرچم های فراوان با میله های متعدد که در پایین به صورت دسته ای به هم پیوسته، در بالا منشعب به صورت پانیکولی و کروی منشعب اند. تخمدان دارای ۳ خانه تک تخمکی، خامه دارای ۳ شاخه ساده یا دو قسمتی و میوه آن کپسول پوشیده از زواید خار و تیغی می باشد و این گیاه پراکنش وسیعی در کشور ایران دارد (۱۱).

۱-جوانه زنی گیاه کرچک

به منظور کاربری این گیاه در عملیات گیاه پالایی، بذر گیاه از شرکت پاکان بذر تهیه شد و پس از ۴۸ ساعت در داخل پتری جوانه زنی (شکل ۱) قرار گرفت و پس از مرحله جوانه زنی به مدت ۱۳ هفته در شن به وسیله آب رشد نموده(شکل ۲) و آماده انتقال به داخل محلول حاوی متفورمین هیدروکلراید شد. لازم است دیواره های این ظروف با پوشش های تیره پوشانده شود که ریشه های گیاهان نور را دریافت نکنند.

شکل ۱- جوانه زنی بذر کرچک پس از ۴۸ ساعت

Figure 1. Germination of *Ricinus Communis* seed after 48 hours

شکل ۲- استقرار بذر کرچک و مراحل ابتدایی رشد در خاک

Figure 2. Establishment of *Ricinus Communis* seed and primary stage of growth in soil

۲- مرحله پالایش متفورمین هیدروکلراید

در این بخش ابتدا ماده اولیه (نمونه استاندارد) متفورمین هیدروکلراید از شرکت داروسازی تهیه شد، سپس گیاه چه های کرچک از خاک خارج و با آب مقطر شسته شدند و در ۲۵۰ میلی لیتر محلول متفورمین هیدروکلراید ۲۰ و ۵۰ ppm به مدت ۱۴ روز در PH ۵/۵ – ۶ قرار گرفتند. حداقل دما بین ۱۷ تا ۲۴ درجه سانتی گراد و حداکثر آن بین ۲۸ تا ۴۱ درجه سانتی گراد در این دوره می باشد. اندازه گیری PH محلول چند مرتبه در روز ضروری بوده و از عوامل بسیار مهم محدود کننده رشد گیاه به شمار می رود. به دلیل نوسان درجه حرارت، دمای آب و PH آن نیز تغییر می کند (۱۲)، که ۲ بار در طول روز PH کنترل و در سطح ۵/۵ تا ۵/۸ تنظیم می گردد. در این تحقیق همواره مواجهه با افزایش PH تا حدود ۷ بوده که با استفاده از اسید استیک ۱/ .درصد تقلیل یافت. در طول دوره پالایش هنگام جذب پساب توسط گیاهان، سطح پساب کاهش می یابد که روزانه سطح پساب با آب مقطر تا سطح اولیه تنظیم می شود.

پس از گذشت ۱۴ روز نمونه پساب از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۱ عبور داده شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد با دور ۱۴۰۰۰ RPM سانتریفیوژ گردید و پس از آن از فیلتر سر سرنگی عبور داده و به دستگاه HPLC تزریق گردیده و غلظت متفورمین پساب تعیین شد.

۳- تالاب مصنوعی

بیش از دو دهه است که حذف پژوهش‌های وسیعی در مورد توانایی گیاهان آب زی برای حذف مواد آلی و غیر آلی موجود در فاضلاب‌ها آغاز شده است. گیاهان آبزی به طور طبیعی در تالاب‌های طبیعی، کار تصفیه را انجام می‌دهند. به طور کلی تالاب‌ها به زمین‌هایی اطلاق می شوند که بیشتر اوقات یا در همه‌ی طول سال مرطوب بوده و در آب قرار دارند(۱۳). در همه تالاب‌ها یک اصل کلی حکم‌فرما است که به علت مرطوب بودن خاک به مدت زیاد تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی در خواص خاک اتفاق می افتد به طوری که گیاهانی که در زمین‌های مرطوب نمی توانند رشد کنند از بین می‌روند. آب فراوان اهمیت زیادی در تشکیل و ازدیاد گیاهان و زیرساخت های خاک دارد . در تالاب‌های مصنوعی انسان شرایطی را برای رشد گیاهان فراهم می‌آورد، به طوری که گیاهان ریشه در خاک داشته و کنترل بهتری بر شرایطی از قبیل زمان ماند، نوع گیاه و نوع بستر دارد، به دلیل امکان کنترل شرایط در نیزارهای مصنوعی، این نوع سامانه‌ها دارای جذابیت بیشتری هستند. این سامانه ها براساس نوع جریان ورودی به سامانه‌های با جریان سطح و سامانه‌های با جریان زیرسطحی طبقه بندی می شوند (۱۴).

۴-دستگاه HPLC

کروماتوگرافی روشی است برای شناسایی و جدا سازی و اندازه گیری مواد. HPLC کروماتوگرافی مایع با کارکرد عالی است.

HPLC از دو فاز ثابت و متحرک تشکیل شده است، که فاز ثابت ممکن است جامد و یا مایع باشد و فاز متحرک مایع است. HPLC بدون شک ، سریع‌ترین رشد را در بین تمام روش‌های جداسازی تجزیه‌ای با فروش سالیانه در گستره میلیارد دلار داشته است. دلایل این رشد انفجارآمیز عبارتند از حساسیت روش ، سازگاری سریع آن برای انجام اندازه‌گیری‌های کمی صحیح ، شایستگی آن برای جداسازی مواد گونه‌های غیرفرار یا ناپایدار در مقابل گرما و مهم تر از همه ، کاربرد گسترده آن برای موادی است که در صنعت ، زمینه‌های مختلف علوم و جامعه در درجه اول اهمیت قرار را دارند. مزیت کروماتوگرافی نسبت به ستون تقطیر این است که به آسانی می‌توان به آن دست یافت. با وجود این که ممکن است چندین روز طول بکشد تا یک ستون تقطیر به حداکثر بازده خود برسد، ولی یک جداسازی کروماتوگرافی می‌تواند در عرض چند دقیقه یا چند ساعت انجام گیرد.یکی دیگر از مزایای برجسته روش های کروماتوگرافی این است که آن ها آرام هستند، به این معنی که احتمال تجزیه مواد جداشونده به وسیله این روش‌ها در مقایسه با سایر روش‌ها کمتر است.

کروماتوگرافی روی ستون KNAUER C_{18} به طول ۲۵ cm و قطر ۴/۶ mm و دتکتور KNAUER 2500 UV و پمپ KNAUER 1001 در طول موج ۲۳۶ nm با زمان بازداری ۱ ml/min جهت تعیین غلظت متفورمین هیدروکلراید در این پژوهش انجام می گردد (شکل ۳). فاز متحرک متشکل از ۶۵ :۳۵ (v/v) استونیتریل: بافرفسفات ۲/. مولار با PH=۵/۷۵ می باشد (۱۵).

۵- طرز تهیه بافرفسفات ۲/. مولار با PH=۵/۷۵

ابتدا ۲/۷۵۹ گرم NAH_2PO_4 را داخل بالن ژوژه به حجم ۱۰۰ و سپس ۲/۸۳۹ گرم Na_2HPo_4 را در بالن ژوژه دیگر به حجم ۱۰۰ می رسانند. سپس NaH_2Po_4 را داخل بشر ریخته و کم کم Na_2HPo_4 را به آن اضافه کرده و با PH متر PH آن را گرفته تا روی ۵/۷۵ تنظیم شود.

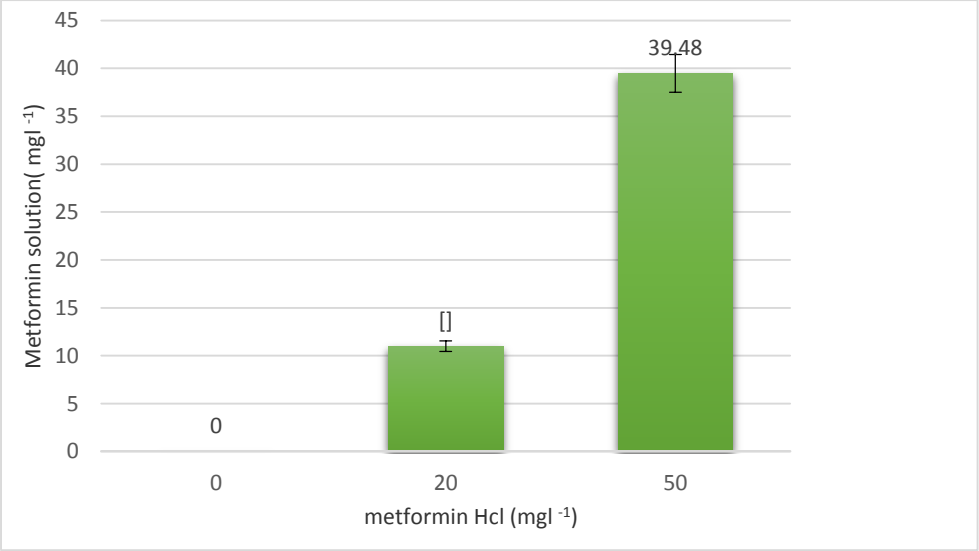
شکل ۳- نمای کلی از دستگاه HPLC و مشتقات آن

Figure 3. Overview of HPLC and its derivatives

یافته ها

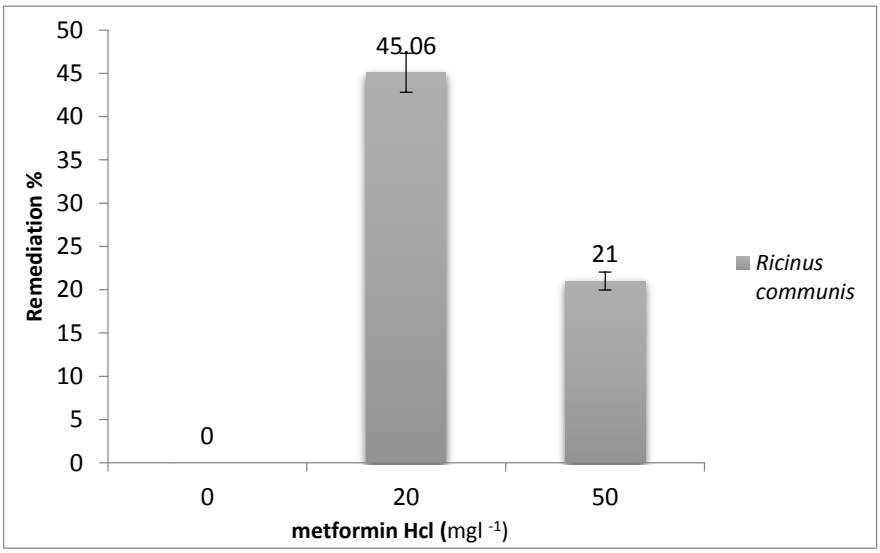
تعیین میزان متفورمین هیدروکلراید باقی مانده در محلول: تعیین میزان متفورمین هیدروکلراید باقی مانده در محلول در شکل (۴) ارایه گردیده است. در این شکل بر اساس غلظت های اولیه محلول متفورمین هیدروکلراید و غلظت های محلول متفورمین هیدروکلراید پس از ۱۴ روز که به دستگاه HPLC تزریق شدند، میزان متفورمین هیدروکلراید باقی مانده در محلول محاسبه گردید. در نهایت مشخص گردید میزان متفورمین هیدروکلراید باقی مانده در ۲۰ میلی گرم بر لیتر متفورمین هیدروکلراید ۱۰/۹۸ میلی گرم بر لیتر و در ۵۰ میلی گرم بر لیتر متفورمین هیدروکلراید ۳۹/۴۸ میلی گرم بر لیتر می باشد. داده ها میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می باشند.

تعیین درصد جذب و کارآیی: درصد جذب و کارآیی در شکل (۵) ارایه گردیده است. در این نمودار بر اساس غلظت های اولیه محلول متفورمین هیدروکلراید و غلظت های محلول متفورمین هیدروکلراید پس از ۱۴ روز درصد پالایش مورد محاسبه قرار گرفته است. در این تحقیق تغییرات دما بین ۱۷ تا ۴۱ درجه سانتی گراد بوده است و نیز چون بین تغییرات دما و PH آب ضریب تشابه وجود دارد و تغییرات دمای محیط دمای آب را تغییر می دهد که منجر به تغییر PH می گردد، کنترل PH در این آزمایش از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با توجه به نتایج به دست آمده از پالایش متفورمین هیدروکلراید، در غلظت های ۲۰ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر متفورمین هیدروکلراید، کارآیی جذب به ترتیب ۲/۰۵ ± ۴۵/۰۶ و ۹/۰۵ ± ۲۱ درصد مشاهده شده است. داده ها میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می باشند.



شکل ۴- میزان متفورمین هیدروکلراید باقی مانده در محلول پس از ۱۴ روز

Figure 4. Amount of metformin hydrochloride remained in solution after 14 days



شکل ۵- مقایسه کارآیی پالایش متفورمین هیدروکلراید توسط گیاه *Ricinus communis* در غلظت های ۲۰ و ۵۰ ppm

Figure 5. Compare the efficiency of metformin hydrochloride remediation by *Ricinus communis* in concentration of 20 and 50 ppm.

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق چون هدف جداسازی دارو از پساب و محلول ها می باشد، لازم است گیاه مقاوم بوده و قادر به رشد در شرایط هایدروپونیک باشد. رشد هایدروپونیک گیاهان به شدت به PH محلول وابسته است، چون جذب بهینه عناصر غذایی در یک محدوده معینی از PH انجام می گیرد(۱۶) بنابراین لازم است تا سطح ۵/۵ تقلیل یافته و پیوسته مورد اندازه گیری قرار گیرد. با توجه به نوسان دمای آب، PH با تغییرات روزانه مواجه است که عدم تنظیم روزانه آن باعث اختلال در رشد گیاهان می شود. *Ricinus communis* در این پژوهش کل دوره رویش را در ۱۰۴-۹۰ روز طی نموده است. گیاه دوره رشد ۹۰ روزه خود را در داخل خاک سپری کرده و رشد نسبتا خوبی داشته است، ولی به منظور پالایش پساب لازم است گیاه به محلول یا پساب منتقل شود. لازم به ذکر است که نحوه استقرار صحیح گیاهان متضمن تداوم رویش آن هاست. بنابراین سعی بر آن بوده که گیاه در طول دوره رویش کمترین تنش را داشته باشد و هنگام قرار دادن گیاه در محلول، دور ظروف را با پلاستیک تیره پوشانده تا از نفوذ نور و آسیب به ریشه جلوگیری به عمل آید. در آزمایش مورد نظر این تحقیق، گیاهان *Ricinus communis* پس از شستشو در آب مقطر داخل شیشه های حاوی متفورمین هیدروکلراید قرار گرفتند تا پتانسیل گیاه برای جذب مورد بررسی قرار بگیرد.(شکل ۶) اما اگر پالایش حجم زیادی از پساب مورد نظر باشد، طراحی سیستمی برای خروج گیاهان از بستر شن ضروری است که باید در مطالعات بعدی مورد بررسی قرار گیرد.

شکل ۶- پالایش متفورمین هیدروکلراید توسط *Ricinus communis* از محلول متفورمین هیدروکلراید پس از ۱۴ روز
Figure 6. Remediation percent of metformin hydrochloride contaminated solutions by *Ricinus communis*, after 14 days.

در غربال گری گونه های گیاهی به منظور جذب آلاینده ها، قدرت و بردباری گونه گیاهی مورد نظر، اندازه بذرها، امکان تکثیر، مسیرهای فتوسنتز توزیع جغرافیایی زیستی گونه مورد نظر و انعطاف پذیری در طول چرخه حیات به عنوان معیارهای اصلی غربال گری گیاهان برای گیاه پالایی مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین در پالایش زیستی، علاوه بر انتخاب موجود زنده مورد استفاده در عملیات پالایش، امکان سنجی پرورش آن، طراحی سیستم پالای و به کارگیری موجودات زنده تا پایان عملیات پالایش و مدیریت بیوماس آلوده لازم است با صرف کمترین زمان و هزینه انجام شود. از طرفی استفاده از یک گونه

گیاهی در پالایش زیستی مستلزم کنترل شرایط زیست محیطی و فراهم نمودن این شرایط در کلیه مراحل جذب می باشد. در نتیجه برای استفاده صنعتی از گیاهان به منظور پالایش زیستی مرحله اول که مرحله رشد گیاهان تا زمان مورد نظر می باشد، انتخاب دقیق گیاهان و پیش بینی مقاومت گیاهان در مقابل تغییر شرایط اکولوژیکی یا ثابت نگه داشتن پارامترهای زیست محیطی و مرحله بعد تعیین پتانسیل جذب و طراحی سیستم پالایش نیاز است (۱۷).

در این تحقیق نشان داده شد که کارایی جذب متفورمین توسط گونه ی گیاهی *Ricinus communis* (کرچک) در محلول با غلظت ۵۰ ppm ۲۱ درصد و در محلول با غلظت ۲۰ ppm ۰۶/ ۴۵ درصد بوده در واقع این پژوهش با هدف بررسی میزان جذب متفورمین در غلظت های متفاوت و کارایی گیاه مذکور صورت پذیرفته است و نشان داده شد کارایی جذب داروی متفورمین در غلظت پایین تر بیشتر می باشد، پژوهشی مشابه توسط اگن در سال ۲۰۱۱ انجام شد که بیان کرد انتقال ترکیبات آلی از خاک به گیاهان می تواند خطر بالایی برای سلامتی انسان ها و حیوانات داشته باشد و این که فاضلاب های حاوی داروها می توانند منبع عظیمی از این ترکیبات باشند. این پژوهش بر روی جذب متفورمین، داروی بیماری دیابت و اثر آن بر علوفه هایی نظیر گندم و محصولات زراعی نظیر هویج و شلغم انجام گردید و بیان نمود شلغم ۴۰ تا ۶۰ برابر بیشتر از گندم در جذب این دارو تاثیر دارد (۱۸). هم چنین دریا بیگی زند زیست پالایی گیاهی را یک فن آوری اقتصادی و دوست دار محیط زیست دانسته و در سال ۱۳۸۹ از گیاه *Ricinus communis* (کرچک) در جذب و حذف ترکیبات نفتی از خاک و تأثیر آلودگی نفتی بر رشد این گونه ی گیاهی بهره گرفت و مشخص نمود که گیاه *Ricinus communis* در مدت ۳ماه از میزان۳۰۰۰۰ TPHs، مقدار ۱۵۵۰۰ mg/kg را s از خاک جذب کرده است (۱۹). کوی در سال ۲۰۱۵ با بیان این موضوع که متفورمین هیدرو کلراید را می توان به عنوان ماده ای دانست که در آب های سطحی و پساب ها شناسایی می گردد، پژوهش مشابهی بر روی جذب کوتاه مدت و جا به جایی داروی متفورمین از پساب و آب های سطحی توسط دو گیاه نی و لویی به انجام رساند که در آن بیان داشت متفورمین می تواند توسط ریشه های این گیاهان جذب شده و پتانسیل جا به جا شدن را از پساب به گیاه را دارا باشند. وی در این پژوهش بیان داشت Quinidine به عنوان عامل بازدارنده جا به جایی های یون های مثبت مواد آلی بوده که به صورت چشم گیری جذب متفورمین را تحت تاثیر قرار داده و این نسبت بازدارندگی را در ریشه گیاه (*Typha Latifolia*) به میزان ۷۰ تا ۷۴ ٪ محاسبه نمود(۲۰).

با توجه به نتایج، بیشترین کارآیی جذب از محلول حاوی متفورمین هیدروکلراید در کمترین غلظت متفورمین هیدروکلراید (۲۰ میلی گرم بر لیتر) به دست آمده است. در این پژوهش توان پالایش متفورمین هیدروکلراید با افزایش غلظت متفورمین هیدروکلراید (۵۰ میلی گرم بر لیتر) کاهش یافته است. بنابراین گونه *Ricinus communis* گزینه مناسبی برای گیاه پالایی پساب حاوی متفورمین هیدروکلراید در غلظت کم پیشنهاد می شود.

منابع

1. Salt, D., Smith, R.D., Raskin, I., Phytoremediation. Ann. Rev. plant Physio. Mol. Biol. 1998; 49: 643-648.
2. Chakraborty D., Maji S., Bandyopadhyay A., Basu S.,Biosorption of Cesium-137 and strontium-90by mucilaginous seeds of *Ocimum basilicum*, Bioresource Technology 2007; 98, 2949-2952.
3. Nikolaou A, Meric S, fatta D. Occurrunce patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments. *Anal Bional Chem* 2007; 387: 1225-1234.
4. Carlsson C, Johansson A-K, Alvan G, Bergman K, Kühler T. Are pharmaceuticals potent environmental pollutants?: part I: environmental risk

assessments of selected active pharmaceutical ingredients. *Sci Total Environ* 2006; 364:67–87.

5. Fent K, Weston AA, Caminada D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquat Toxicol* 2006; 76:122–59.
6. Zuccato E, Castiglioni S, Fanelli R, Reitano G, Bagnati R, Chiabrando C, et al. Pharmaceuticals in the environment in Italy: causes, occurrence, effects and control. Environ. *Sci. Pollut. Res* 2006; 13:15–21.
7. Pilon-Smits EAH, Freeman JL.Environmental cleanup using plants: Biotechnological advances & ecological consideration. Front Ecol Environ 2006;4:203-210.
8. Huges, J. B., Shanks, J.,Vanderford, M., Lauritzen,J.,& Bhadra, R.Transformation of TNT by aquatic plants & plant tissue cultures. Environmental science & technology 1997;31: 266-271.
9. Salt, D. E., Smith , R. D., Raskin, I. Phytoremediation. Annu. Rev. plant physiol. Plant Mol Biol 1998; 49: 643-668.
10. Scheurer M, Sacher F, Brauch H-J. Occurrence of the antidiabetic drug metformin in sewage and surface waters in Germany. *Jornal of Environmental Monitoring* 2009; 11: 1608-1613.

۱۱. قهرمان. احمد، ۱۳۶۷، فلور ایران، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع. جلد ۱۹، صفحه ۲۳۴۸.

۱۲. کرباسی. ع، منوری. س.م و موگویی. ر،۱۳۸۷، مدیریت زیست محیطی آب زی پروری در منطقه سراب گردو، فصل نامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۰ (۱)، صص ۱۵۹-۱۶۹.

13. Brown.D.S¸ constructed wetland in the U.S.A water Quality Omprovement¸1994; 4: 24-28.

۱۴. مصطفایی. عبدالله، بی تا ،روزنامه اعتماد، شماره ۱۹۷۷،صفحه۷.

15. Choudhary AK, Kumar S, Sharma C. Constructed wetlands: an option for pulp and paper mill wastewater treatment. Electron J Environ Agric Food Chem; 2011, 10:3023–37.
16. Yoon Y., Cao X., Qixing Zhou Q., Ma L.Q., Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site, Science of the Total Environment 2006; 368: 456–464.

۱۷. برقعی.م، ارجمندی. ر و موگویی. ر، بی تا، بررسی توان *Chenopodium album* در جذب و تجمع پایدار سزیم، ۱۵(۳)، صص ۱-۱۱.

18. Eggen, T., Normann, T., Grave, K., Hormazabal, V. Uptake and translocation of metformin, ciprofloxacin and narasin in forage and crop plants. Chemosphere 2011., 885: 26-33.

۱۹. دریا بیگی زند. ع، بیدهندی. غ، مهردادی. ن و شیردم. ر، ۱۳۸۹، توانایی گونه های گیاهی مختلف در حذف ترکیبات نفتی از خاک و تاثیر آلودگی نفتی بر رشد این گونه های گیاهی، فصل نامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۲ (۴)، صص ۴۱-۵۷.

20. Cui, H., Hense, B.A., Muller, J., Schrödera, P. Short term uptake and transport process for metformin in roots of *Phragmites australis* and *Typha latifolia*.Chemosphere 2015.,134:307-312.