

مقایسه تاثیرات نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن ( $Fe_3O_4$ ) و آب مغناطیسی

## بر رشد قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم

پرديس باباشاهی<sup>۱</sup>، نوشین نقش<sup>۲\*</sup>، محبوبه مدنی<sup>۱</sup>

(۱) گروه میکروبیولوژی، واحد فلاوریان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

(۲) گروه زیست شناسی، واحد فلاوریان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸

## چکیده

**مقدمه:** در سال های اخیر مقاومت سوش های قارچی فرصت طلب به میزان زیادی افزایش یافته است. سمیت داروهای ضد میکروبی، ایجاد مقاومت در قارچ ها و تداخل های دارویی عامل توجه به ترکیبات دارویی جدید بر علیه قارچ ها است. در این تحقیق تاثیرات نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن ( $Fe_3O_4$ ) و آب مغناطیسی بر روی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روش ها:** سنتز نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن به روش هم رسوبی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاوریان صورت گرفت. بررسی اثرات ضد قارچی نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن و هم چنین تاثیر آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا به روش پورپلیت بر روی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم انجام شد و درصد مهار رشد قارچ تعیین شد.

**یافته های پژوهش:** نتایج حاصل از پرتو پراش ایکس و میکروسکوپ الکترونی نشان داد که نانوذرات اکسید آهن به قطر ۲۵-۲۰ نانومتر و به شکل مکعبی اند. بر اساس نتایج حاصل از روش پورپلیت، آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا در تمام روزها قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم را بیش از ۴۹/۶۴ درصد کاهش داد. هم چنین نانوذرات اکسید آهن در غلظت ۵۰۰ ppm قطر کلنی قارچ را در تمام روزها بیش از ۳۰ درصد مهار کرده است. از طرفی در غلظت ۵۰۰ ppm نانوذرات اکسید آهن به همراه آب مغناطیسی ۰/۱ تسلا در تمام روزها بیش از ۵۰ درصد رشد کلنی قارچ را مهار کرده اند که بیشترین تاثیر سینرژیک در کاهش قطر کلنی این قارچ بود. نانوذرات اکسید آهن با غلظت ۵۰۰ ppm در روز اول شبیه به داروی کتوکونازول در غلظت ۰/۰۰۳ میلی گرم بر میلی لیتر ۵۰ درصد رشد قارچ را مهار کرده است. آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا در روز دوازدهم دارای عملکرد بهتری در مقایسه با داروی ضد قارچی متداول کتوکونازول بود.

**بحث و نتیجه گیری:** نانوذره پارامغناطیسی اکسید آهن به قطر ۲۵-۲۰ نانومتر به تنهایی و همراه با آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا دارای فعالیت ضد قارچی علیه قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم می باشد.

**واژه های کلیدی:** نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن، آب مغناطیسی، قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم، اثر ضد قارچی

\* نویسنده مسئول: گروه زیست شناسی، واحد فلاوریان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

Email: n\_naghs@yahoo.com

Copyright © 2018 Journal of Ilam University of Medical Science. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution international 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits copy and redistribute the material, in any medium or format, provided the original work is properly cited.

## مقدمه

فوزاریوزیس به گروهی از بیماری‌ها اطلاق می‌شود که توسط گونه‌های مختلف فوزاریوم ایجاد می‌شود. این عوامل قارچی باعث ایجاد بیماری در انسان و حیوانات می‌گردند. فوزاریوم آگزسپوروم گونه‌ای از این قارچ است که باعث ایجاد عفونت‌های ریوی و سیستمیک، کراتیت چشمی، ضایعات پوستی، ناخن و بیماری آلرژیک تنفسی در انسان می‌گردد(۱). گونه‌های فوزاریوم از قارچ‌های ساپروفیت می‌باشند و در شرایط خاصی قادرند به قارچ‌های بیماری‌زا تبدیل شوند. عفونت‌هایی که توسط این قارچ ایجاد می‌شود از جمله عفونت‌هایی هستند که در افرادی که سیستم ایمنی آن‌ها دچار اختلال در عملکرد می‌شود. مانند مبتلایان به سرطان که تحت شیمی‌درمانی هستند، مبتلایان به نقص سیستم ایمنی و مبتلایان به عفونت‌های ویروسی بیشتر مشاهده می‌شود(۲). این در صورتی است که به علت ایجاد گونه‌های مقاوم به داروهای ضد قارچی و هم‌چنین عوارض جدی که این ترکیبات بر روی سلول‌های پستانداران دارند تعداد داروهای ضد قارچی موثر که امروزه برای بیماری‌های قارچی تجویز می‌شوند ناچیز است. بر این اساس امروزه بسیاری از محققین در حال بررسی و سنتز عوامل ضد قارچی جدید می‌باشند(۳). امروزه به کمک علم پزشکی هر روز به تعداد بیماری‌های قابل درمان افزوده می‌شود. از طرفی نانو تکنولوژی یکی از شیوه‌های جدید و تخصصی درمان بیماری‌ها می‌باشد. محققان نانو تکنولوژی با ابعاد وسیعی از کاربردهای نانوذرات آشنا شده‌اند که ممکن است نقش بسیار زیادی در پزشکی، پیشگیری و درمان بیماری‌ها و تولید دارو داشته باشد(۴). از آنجایی که برخی داروهای رایج ضد قارچی دارای عوارض جانبی متعدد از جمله سرطان و مسمومیت هستند و هم‌چنین مقاومت دارویی در مصرف آن‌ها ایجاد می‌شود(۵). در این میان نانوذرات از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. نانوذرات به دسته‌ای از مواد که دارای ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند اطلاق می‌شوند(۶). نانوذره پارامغناطیسی اکسید آهن به نانوذرات مگنتیت به عنوان نانوذرات اکسید آهن در علم نانو تکنولوژی مورد استفاده

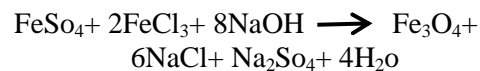
قرار می‌گیرند و ذرات بسیار کوچک آهن که ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاص متفاوت نسبت به آهن عادی دارند(۷). نانوذرات مغناطیسی می‌توانند نقش مهمی در تشخیص از طریق تصویربرداری تشدید مغناطیسی یا به عنوان حامل دارو برای برخی از داروهای ضد سرطان نقش مهمی را ایفا کنند(۸). ماهیت مغناطیسی نانوذرات در مواد مغناطیسی، مولکول‌ها و اتم‌های سازنده آن خاصیت مغناطیسی دارند به بیان ساده تر عناصری مانند آهن، کبالت، نیکل و آلیاژهای آن‌ها که توسط آهن ربا جذب می‌گردد، مواد مغناطیسی نامیده می‌شود. قابلیت مغناطیسی شدن نانوذرات اکسید آهن را بر اساس پذیرش رفتارهای مغناطیسی مواد ابرپارامغناطیس دسته بندی می‌کنند(۹). وقتی اندازه ذره از یک حوزه مغناطیسی منفرد کوچک تر گردد، پدیده ابرپارامغناطیس (متصل نشدن، ذرات مغناطیسی در ابعاد نانو در شرایط عادی و حساسیت بالای آن‌ها به میدان مغناطیسی)، به وقوع می‌پیوندد. چون نانوذرات نیاز به نیروی زیادی برای مغناطیسی شدن ندارند، خیلی از حالت طبیعی فاصله نمی‌گیرند و پس از مغناطیسی شدن تمایل چندانی برای از دست دادن خاصیت مغناطیسی و بازگشت به وضعیت اولیه را ندارند که اکسید آهن جزء ترکیبات ابرپارامغناطیس می‌باشد(۱۰). از طرفی آب مغناطیسی هنگامی که در اثر قرار گرفتن در میدان مغناطیسی مولکول‌های آن هم جهت و منظم شده باشند، پیوند اکسیژن و هیدروژن از حالت مثلی به خطی تبدیل می‌شود، تعداد مولکول آب بالا می‌رود و دارای خواص متفاوتی از آب عادی می‌شود(۱۱). آب تیمار شده با میدان مغناطیسی یا آب عبوری از طریق یک دستگاه ایجادکننده مغناطیس، آب مغناطیس شده نامیده می‌شود. وقتی آب مغناطیسی می‌شود برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله پیوندهای هیدروژنی، قطبیت، کشش سطحی، هدایت الکتریکی و حلالیت نمک‌های آن دچار تغییر می‌گردند(۱۲). با یک بار عبور حلال(آب) از دستگاه مغناطیسی کردن آب، به مدت ۲۰۰ ساعت خاصیت مغناطیسی در آن محفوظ خواهد ماند. اثر میدان مغناطیسی بر روی محلول کربنات کلسیم سبب تشکیل آراگونیت بیشتر می‌گردد. این امر

برای انجام واکنش های شیمیایی بسیار مهم می باشد چرا که بسیاری از واکنش های شیمیایی در زمانی کوتاه تر از ۲۰۰ ساعت انجام می شوند و این شیوه کمک موثری در جهت تسهیل انجام فرایندهای شیمیایی می نماید (۱۳). از طرفی تاثیرات نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن و آب مغناطیسی تا به حال برای این قارچ بررسی نشده است. این تحقیق به منظور بررسی اثر ضدقارچی نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن و آب مغناطیسی بر روی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم در شرایط آزمایشگاهی انجام شد.

### مواد و روش ها

قارچ استاندارد مورد استفاده: میکروارگانیسم مورد بررسی از گونه قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم انتخاب شد که به شماره (IRAN 81 C) از مجموعه میکروبی انستیتوپاستور تهران تهیه شد. قارچ در محیط پتیتو دکستروز آگار ساخت کشور مرک آلمان (PDA) کشت داده شد.

سنتز نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن: نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن که در دانشگاه آزاد اسلامی واحد فلاورجان به روش هم رسوبی سنتز و طراحی شد، جهت سنتز نانوذرات آهن به روش هم رسوبی مطابق واکنش زیر استفاده گردیده است:



مقادیر مناسب جرمی با توجه به واکنش بالا با در نظر گرفتن نسبت مولی ۸، ۲، ۱ به ترتیب از مواد ذکر شده و هم چنین جرم مولی هر کدام (با در نظر گرفتن آب تبلور) در جدول شماره ۱ به دست آمده است. ابتدا بشرها و آهنربای کوچک و آهنربای مگنت گردان کپسولی با آب مقطر به خوبی شست و شو داده شدند تا استریل شوند. مرحله بعد مواد اولیه مورد نیاز که شامل پودر  $\text{FeSO}_4$ ،  $\text{FeCl}_3$ ،  $\text{NaOH}$  می باشد. به طور جداگانه با ترازو مقدار معین از پودرها توزین شدند، به طوری که از پودر  $\text{NaOH}$  به مقدار  $3/2$  گرم برداشته را در بشر  $600$  سی سی ریخته و  $100$  سی سی آب مقطر به آن افزوده شد و بشر را روی دستگاه هیتر مگنت گردان قرار گرفت. سپس دستگاه روشن شد تا جریان روی سطح آب ایجاد کند و مواد به خوبی در آب با هم مخلوط شوند و مواد به دمای جوش نزدیک شوند و این

پودر نمک در آب مقطر حل شود. در مرحله بعد از پودرآبی رنگ  $\text{FeSO}_4$  به میزان  $2/78$  گرم وزن کرده و  $100$  سی سی آب مقطر به آن اضافه شد و در آن آهنربا مگنت گردان قرار داده شد. بشر را روی دستگاه هیتر مگنت گردان قرار گرفت تا مواد به خوبی در آب با هم مخلوط شوند و پودر  $\text{FeSO}_4$  در آب مقطر حل شد. پس از چند دقیقه پودر سیاه رنگ  $\text{FeCl}_3$  به مقدار  $3/24$  گرم و  $100$  سی سی آب مقطر به بشر اضافه کرده تا مواد با هم مخلوط شوند و بعد از چند دقیقه محلول نارنجی رنگ شد. بعد حرارت داده شد و مدت  $10$  دقیقه زمان داده شد تا مواد در بشر به جوش آیند و برای نمک هم همین زمان داده شد تا نمک هم به جوش آید. سپس بشر حاوی نمک را از روی دستگاه هیتر برداشته حالا نمک را به بشر حاوی  $\text{FeCl}_3$  و  $\text{FeSO}_4$  یکباره اضافه کرده بلافاصله رسوب سیاه رنگی با ساختار نانو تشکیل شد و این تغییر رنگ از نارنجی به رنگ مشکی نشان دهنده تغییر محلول است.  $20$  دقیقه زمان داده شد تا مواد ته نشین شدند آب رویی آن را خالی کرده و که در  $5$  مرحله شست و شو انجام شد. هدف این است که در سنتز اکسید آهن طی شست و شو نمک حذف شود. در مرحله اول شست و شو آب مقطر به بشر اضافه شد تا جایی که بشر پر شود و بعد روی دستگاه هیتر مگنت گردان قرار داده شد. دستگاه را روشن کرده  $5$  دقیقه زمان داده شد تا مواد با هم مخلوط شوند. پس از  $5$  دقیقه دستگاه را خاموش کرده و بشر را روی سکو قرار داده تا مواد ته نشین شوند و سطح روی بشر که آب شفاف است خالی شد تا جایی که مواد ته نشین باقی بمانند. برای این که هنگام دور ریختن آب رویی بشر نانوذره از دست نرود باید آهنربای کوچک نزدیک بشر چسبانده شود و آب آرام آرام خالی شود تا نانو از بشر خارج نشود و شست و شو انجام گیرد. تا مرحله دوم و سوم و چهارم و پنجم نیز مانند مراحل قبل تکرار می شود. در این مراحل نمک دور ریخته و هنگامی که بعد که رسوبات در بشر ته نشین شدند بشر را در آون به مدت  $48$  ساعت در دمای  $40$  درجه سانتی گراد قرار داده تا رسوبات خشک شوند و به شکل کریستال در آیند. سپس در هاون چینی آن ها را پودر کرده تا در نهایت پودر نانوذره اکسید آهن

حاصل شود (شکل شماره ۱). در طی تمام مراحل آزمایش از ماسک و دستکش لاتکس استفاده گردید و پودر آماده شده در شیشه ای استریل نگهداری شد (۱۴). شکل و اندازه نانوذرات توسط دستگاه پراش پرتو ایکس (مدل PW3040) و میکروسکوپ الکترونی (مدل LEO-912 AB) در دانشگاه فردوسی مشهد مورد بررسی قرار گرفت (شکل شماره ۲ و ۳).

**بررسی خصوصیات مغناطیسی نانوذرات سنتز شده اکسید آهن:** ریز دانه های  $Fe_3O_4$  تولید شده در میدان مغناطیسی یک آهن ربای دائمی قرار داده شده و واکنش شدید آن نسبت به میدان مغناطیسی در این تصویر به طور روشن دلالت بر خاصیت ابرپارامغناطیسی شدن این نانوذرات دارد (شکل شماره ۴).

**تهیه غلظت های مختلف از نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن:** استوک اصلی نانوذره آهن به صورت محلول در غلظت ۱۰۰۰ ppm بود برای تهیه غلظت های مورد نیاز از آب دو بار تقطیر استریل استفاده شد. برای تهیه غلظت های مختلف ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppm مورد استفاده در این آزمایش از روش رقت سازی (Serial dilution) از استوک اصلی تهیه شد.

**روش مغناطیسی کردن آب:** برای مغناطیسی کردن آب از دستگاه RT500 (ساخت کشور آمریکا) با شدت ۰/۱ تسلا استفاده گردید (شکل شماره ۵). ابتدا آب مقطر و ۲ عدد ارلن را در اتوکلاو استریل می کنیم. دستگاه مغناطیسی کردن آب، محفظه داخلی اش که آهنربا در آن طراحی شده و اطراف آن از میدان مغناطیسی پوشیده شده را با الکل ریختن در محفظه آن را استریل کرده و در نهایت با آب استریل چندین بار دستگاه را باید تمیز کرد. ابتدا دستگاه مغناطیسی کردن آب را به پایه وصل کرده و دستگاه را در جهت فلش نشان داده شده روی دستگاه به سمت پایین قرار می گیرد. بالای دستگاه قیف استریل قرار داده و به پایین دستگاه سری شیر وصل شد و زیر شیر ارلن قرار داده می شود. آب مقطر را در ارلن ۱۰۰۰ سی سی ریخته و در اتوکلاو به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه قرار گرفته تا آب استریل و سرد شود و به دمای محیط برسد. بعد از آن آب را از بالای دستگاه آن قدر می ریزیم تا محفظه دستگاه پر شود و وقتی پر شد

سری شیر را آرام باز کرده تا قطره قطره آب به داخل ارلن بریزد و وقتی محفظه خالی شد دوباره آب را داخل محفظه می ریزیم تا محفظه پر شود و دوباره سری شیر را باز کرده تا آب قطره ای خارج شود. مدتی که طول می کشد تا آب مغناطیسی شود بین ۳۰ تا ۴۵ دقیقه می باشد (۱۵).

**بررسی فعالیت ضدقارچی نانوذرات اکسید آهن به روش پورپلیت:** اثر ضدقارچی نانوذرات اکسید آهن به روش پورپلیت انجام شد. در این آزمایش تاثیر غلظت های مختلف نانوذرات اکسید آهن که شامل: تیمارهای شاهد بدون نانوذرات اکسید آهن و سایر تیمارها عبارتند از: نانوذرات اکسید ۱۲۵ppm، ۲۵۰ppm، ۵۰۰ ppm و ۱۰۰۰ ppm در ۳ تکرار به منظور تعیین دوز موثر نانوذرات اکسید آهن انجام شد. یک روز بعد از کشت قارچ و تاثیر نانوذرات با غلظت های مختلف قطر کلنی قارچ با خط کش اندازه گیری شد و میزان رشد قارچ را در دوزهای مختلف نانوذرات اکسید آهن در زمان های ۱، ۴، ۸، ۱۲، ۱۴ و روز بررسی گردید. برای مقایسه میانگین قطر کلنی های قارچ در گروه های شاهد و تیمار از آزمون آماری ANOVA استفاده شد و هر آزمایش ۳ بار تکرار شد (۱۶، ۱۷).

**بررسی فعالیت ضد قارچی آب مغناطیسی به روش پورپلیت به منظور سنجش اثر آب مغناطیسی مانند روش بالا عمل شد.**

**اثر سینرژیک نانوذرات اکسید آهن و آب مغناطیسی بر رشد قارچ فوزاریوم اگزسپوروم به روش پورپلیت:** بعد از سنجش، بهترین غلظت تاثیر نانوذرات به منظور بررسی تاثیرات سینرژیک نانوذرات اکسید آهن و آب مغناطیسی، از نانوذرات اکسید آهن (۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppm) همراه با آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا استفاده گردید و میانگین قطر کلنی در روزهای مختلف با یکدیگر مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت.

**کنترل مثبت با داروی کتوکونازول:** جهت مقایسه اثر نانوذره اکسید آهن و آب مغناطیسی و تاثیر ضد قارچی آن ها، اثر آن ها با کتوکونازول مقایسه شد. غلظت های مختلف محلول کتوکونازول از استوک اصلی به روش سری رقت تهیه شد. محلول

کتوکونازول ۱ میلی گرم بر میلی لیتر بوده و به وسیله آب مقطر دوبار تقطیر به صورت محلول در آمد و در دمای آزمایشگاه نگهداری شد. از روش سری رقت برای رقت سازی محلول کتوکونازول استفاده شد. رقت سازی داروی کتوکونازول به نحوی است که استوک اصلی آن با غلظت ۱ میلی گرم بر میلی لیتر بود و به این ترتیب غلظت های ۰/۵ میلی گرم، ۰/۲۵ میلی گرم، ۰/۱۲ میلی گرم، ۰/۰۶ میلی گرم، ۰/۰۳ میلی گرم، ۰/۰۱ میلی گرم، ۰/۰۰۷ میلی گرم و ۰/۰۰۳ میلی گرم بر میلی لیتر به دست آمد.

*اثر داروی کتوکونازول بر روی رشد قارچ فوزاریوم*  
 اگزیسپوروم به روش پورپلیت: محیط کشت PDA تهیه و در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه استریل شد. زمانی که دمای محیط کشت به حدود ۴۵ درجه رسید به میزان ۴۰ میلی لیتر محیط کشت در بشر ریخته و داخل آن غلظت مشخص شده محلول کتوکونازول اضافه شد. محیط کشت به آرامی تکان داده شد تا محلول کتوکونازول به خوبی با محیط کشت مخلوط شوند. سپس به مقدار مساوی در ۳ پتری به قطر ۸ سانتی متر ریخته و تا هنگام استفاده اجازه داده شد تا محیط آگار سرد شود. این عمل برای تمام غلظت های مختلف تکرار گردید. به عنوان شاهد به یکی از پلیت ها آب مقطر دوبار تقطیر افزوده شد. از کشت ۴ روزه فوزاریوم اگزیسپوروم یک حلقه ۵ میلی متری در مرکز محیط کشت قرار داده، سپس محیط های کشت پتری ها در دمای محیط آزمایشگاه زیر هود قرار گرفت. قطر کلنی قارچ با خط کش اندازه گیری گردید. میزان رشد قارچ در غلظت های مختلف در زمان های ۱، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۴ روز تعیین شد.

### یافته های پژوهش

*نتایج حاصل از پراش پرتو ایکس (XRD):* بررسی و تحلیل ساختار شبکه کریستالی نمونه های  $Fe_3O_4$  تولید شده، اندازه ریز دانه ها (بلورک ها) و تک فاز بودن آن ها توسط طیف پراش پرتو X بررسی شد. با مطالعه نمودار حاصل از پراش پرتو X مواد شامل یک سری از قله هایی است که با توجه به شدت و موقعیت این قله ها می توان نمونه را با استفاده از کارت مرجع نانوذره

$$d = \frac{0.9 * \lambda}{B * \cos \theta} = \frac{0.9 * 1.504}{0.6 * \frac{\pi}{180} * \cos \frac{35.6}{2}} = 135.8 \text{ \AA} = 13.5 \text{ nm} \rightarrow 13-14 \text{ nm}$$

$$B = \frac{36.07}{35.4} = 0.6$$

$$2\theta = 35.6$$

بررسی تصویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی (TEM): نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی بیان می کند، سایز نانوذره تولید شده ۲۵-۲۰ نانومتر و به شکل مکعبی است که در شکل شماره ۳ مشاهده می شود.

*بررسی نتایج حاصل از اثرات نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن و آب مغناطیسی و اثر سینرژیک آن ها بر روی قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم به روش پورپلیت:* نتایج حاصل از بررسی اثر نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن با قطر ۲۵-۲۰ نانومتر به شکل مکعبی با غلظت های ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppm همراه با آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا و اثر سینرژیک نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن به همراه آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا بر روی قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم به روش پورپلیت به ترتیب در جدول های شماره ۲ و ۳ و ۴ ارائه شده است. نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن در غلظت های ۲۵۰ ppm و ۵۰۰ به ترتیب توانسته قطر کلنی قارچ را در تمام روزها کاهش دهد. که بهترین روز آن در هر دو غلظت روز ۱۴ می باشد و نسبت به شاهد اختلاف معنی دار دارند ( $P < 0.001$ ). هم چنین

نشان داد که در تمام دوزها با افزایش غلظت کتوکونازول قطر کلنی قارچ کاهش بیشتری پیدا کرده بود. نتایج

حاصل اثبات کرد که، در یک الگوی وابسته به دوز قطر کلنی قارچ کاهش یافته بود. غلظت ۱ میلی گرم بر میلی لیتر در تمام روزها بیش از ۸۹ درصد رشد قارچ را مهار کرده و بیشترین اثر کشندگی روی قارچ را داشته است. محلول کتوکونازول در غلظت ۰/۰۰۳ میلی گرم بر میلی لیتر نسبت به غلظت های دیگر کمترین اثر کشندگی را روی قارچ داشته است. در جدول شماره ۵ این نتایج نشان داده شده است.

مقایسه بهترین اثر آب مغناطیسی در شدت ۰/۱

تسلا با داروی کتوکونازول بر روی قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم: تحقیقات حاضر نشان داد که فعالیت ضدقارچی آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا علیه قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم در مقایسه با عوامل ضدقارچی موجود مانند کتوکونازول با غلظت ۰/۰۰۳ میلی گرم بر میلی لیتر به مراتب بیشتر بود. هم چنین بهترین درصد مهار رشد قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم در شدت ۰/۱ تسلا در روز دوازدهم برابر ۵۳/۹۴ درصد بود که بیشتر از داروی متداول کتوکونازول میانگین قطر کلنی قارچ را مهار کرده بود.

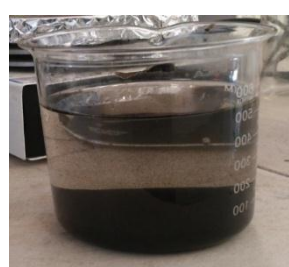
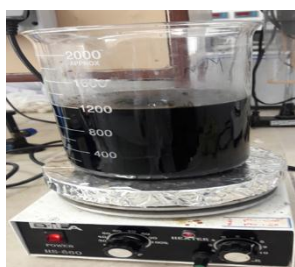
مقایسه بهترین اثر نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن با داروی کتوکونازول بر روی قطر کلنی قارچ

فوزاریوم اگزیسپوروم: نانوذرات اکسید آهن با غلظت ۵۰۰ ppm در روز اول شبیه به داروی کتوکونازول در غلظت ۰/۰۰۳ میلی گرم بر میلی لیتر ۵۰ درصد رشد قارچ را مهار کرده است.

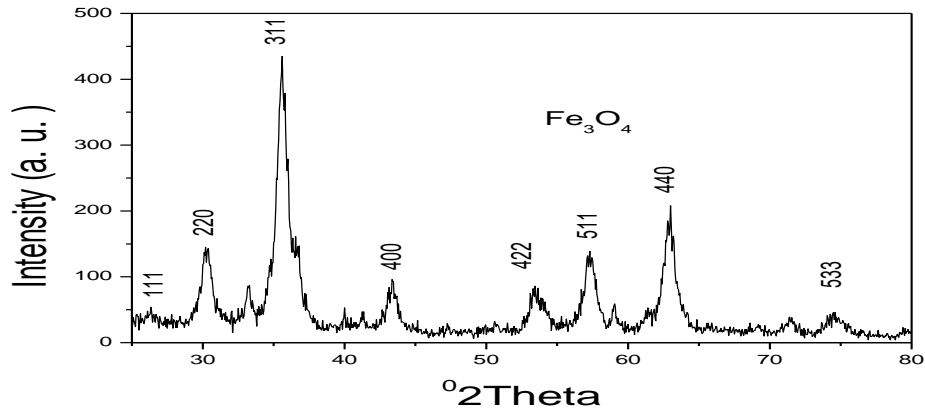
نانوذرات اکسید آهن با غلظت ۵۰۰ ppm بهترین اثر را بر کاهش قطر کلنی قارچ نسبت به نانوذرات دیگر داشته است که توانسته در روز اول ۵۰ درصد و در روز چهارم ۳۵/۵ درصد رشد کلنی قارچ را مهار کند. نانوذرات اکسید آهن در غلظت ۱۲۵ ppm در روز هشتم به بعد توانسته قطر کلنی قارچ را ۱۱/۵ درصد کاهش دهد و نانوذرات اکسید آهن در غلظت ۲۵۰ ppm در روزهای اول و چهاردهم ۲۴ درصد رشد کلنی قارچ را مهار کرده اند. این نانوذرات در غلظت ۱۰۰۰ ppm در روز اول ۷۰ درصد و روز دوازدهم و چهاردهم بیش از ۳۰ درصد قطر کلنی قارچ را افزایش داده اند. این نانوذرات در غلظت بالا خاصیت ضد قارچی ندارد و به عنوان عامل تحریک کننده قارچ به شمار می آید که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا در تمام روزها قطر کلنی قارچ را به میزان زیادی کاهش داده است و اثر بیشتری نسبت به نانوذرات اکسید آهن دارد زیرا قطر کلنی قارچ را بیش از ۵۰ درصد مهار کرده اند که در جدول شماره ۳ مشاهده می کنید. تمام غلظت های نانوذرات اکسید آهن وقتی با آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا ترکیب شدند دارای اثر سینرژیک در کاهش قطر کلنی قارچ بوده اند. اثر سینرژیک نانوذرات اکسید آهن در غلظت ۵۰۰ ppm با آب مغناطیسی رشد در روزهای هشتم و دوازدهم رشد کلنی قارچ را ۷۰ درصد مهار کرده اند که باعث شده است خاصیت قارچ کشی نانو بالاتر رود در جدول شماره ۴ این نتایج نشان داده شده است.

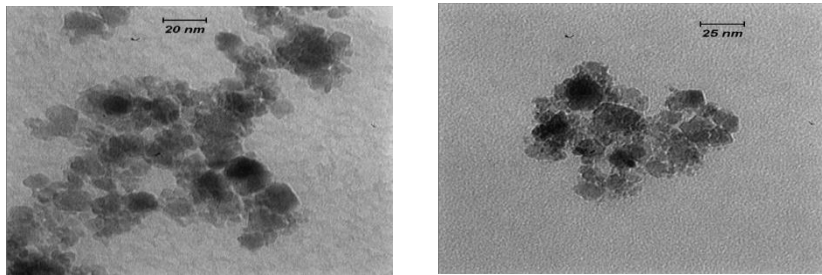
تفسیر نتایج دارو کتوکونازول بر علیه قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم: داروی ضد قارچی کتوکونازول به عنوان کنترل مثبت علیه قارچ فوزاریوم استفاده شد که نتایج



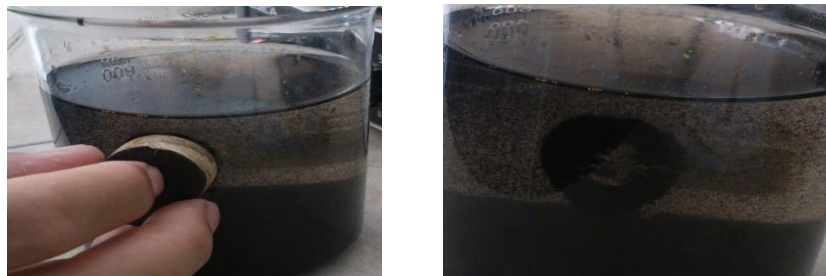
شکل شماره ۱. سنتز نانوذرات اکسید پارامغناطیسی اکسید آهن



شکل شماره ۲. نمودار حاصل از پراش پرتو X نانو ذره اکسید آهن ( $Fe_3O_4$ ) جهت تعیین سایز آن



شکل شماره ۳. تصویر میکروسکوپ الکترونی نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن



شکل شماره ۴. تصویر تاثیر میدان مغناطیسی روی نمونه  $Fe_3O_4$



شکل شماره ۵. دستگاه مغناطیسی کردن آب

جدول شماره ۱. جرم مولی مواد اولیه سنتز نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن

مواد اولیه	جرم مولی	۰/۰۱	ضریب	کل جرم مولی بر حسب گرم
$FeSO_4$	۲۷۸	۲/۷۸	۱*	۲/۷۸
$FeCl_3$	۱۶۲	۱/۶۲	۲*	۳/۲۴
$NaOH$	۴۰	۰/۴	۸*	۳/۲

جدول شماره ۲. تاثیرات غلظت های مختلف نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن بر میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم

میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم بر حسب سانتی متر						مدت زمان تیمار
روز اول	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دوازدهم	روز چهاردهم	غلظت نانو ذرات پارامغناطیسی اکسید آهن
۱±۰/۱	۲±۰/۱	۲/۳۴±۰/۰۱	۲/۸۱±۰/۰۱	۳/۸۰±۰/۰۱	۴/۳۹±۰/۰۱	شاهد
۰/۸±۰/۱	۲/۰۲±۰/۰۱	۲/۳۳±۰/۰۱	۲/۵۰±۰/۰۱	۳/۲۸±۰/۰۱	۳/۸۵±۰/۰۱	۱۲۵ PPm
۰/۷۶±۰/۰۱	۱/۷۱±۰/۰۱	۱/۹۴±۰/۰۱	۲/۲۰±۰/۰۱	۳/۲۱±۰/۰۱	۳/۳۰±۰/۰۱	۲۵۰ PPm
۰/۵۱±۰/۰۲	۱/۲۹±۰/۰۱	۱/۵۸±۰/۰۱	۱/۹۱±۰/۰۱	۲/۹۰±۰/۰۱	۳/۰۱±۰/۰۱	۵۰۰ PPm
۱/۷۱±۰/۰۱	۱/۹۹±۰/۰۱	۲/۵۶±۰/۰۱	۳/۳۰±۰/۰۱	۵/۱۱±۰/۰۱	۵/۸۴±۰/۰۱	۱۰۰۰ PPm
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P

جدول شماره ۳. تاثیرات شدت آب مغناطیسی ۰/۱ تسلا بر میانگین قطر کلنی در قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم

میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم بر حسب سانتی متر						مدت زمان تیمار
روز اول	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دوازدهم	روز چهاردهم	شدت آب مغناطیسی
۱±۰/۱	۲±۰/۱	۲/۳۴±۰/۰۱	۲/۸۱±۰/۰۱	۳/۸۰±۰/۰۱	۴/۳۹±۰/۰۱	شاهد
۰/۵۵±۰/۰۱	۱±۰/۱	۱/۱۰±۰/۰۱	۱/۵۸±۰/۰۱	۱/۷۵±۰/۰۱	۲/۱۴±۰/۰۱	۰/۱ تسلا
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P

جدول شماره (۴): تاثیرات سینرژیک نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن و آب مغناطیسی

بر میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم

میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم بر حسب سانتی متر						مدت زمان تیمار
روز اول	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دوازدهم	روز چهاردهم	غلظت نانوذرات اکسید آهن + شدت های آب مغناطیسی
۱±۰/۱	۲±۰/۱	۲/۳۴±۰/۰۱	۲/۸۱±۰/۰۱	۳/۸۰±۰/۰۱	۴/۳۹±۰/۰۱	شاهد
۰/۵۸±۰/۰۱	۱/۱۰±۰/۰۱	۱/۲۰±۰/۰۱	۱/۵۱±۰/۰۱	۱/۹۳±۰/۰۱	۲/۳۰±۰/۰۱	۰/۱ تسلا + ۱۲۵ PPm
۰/۵۲±۰/۰۱	۰/۷۱±۰/۰۱	۰/۹۱±۰/۰۱	۱/۰۱±۰/۰۱	۱/۲۰±۰/۰۱	۱/۷۰±۰/۰۱	۰/۱ تسلا + ۲۵۰ PPm
۰/۵±۰/۰۱	۰/۶۹±۰/۰۱	۰/۷۹±۰/۰۱	۰/۸۱±۰/۰۱	۱/۱۱±۰/۰۱	۱/۳۳±۰/۰۱	۰/۱ تسلا + ۵۰۰ PPm
۰/۶۸±۰/۰۱	۱/۴۰±۰/۰۱	۱/۵۵±۰/۰۱	۱/۷۹±۰/۰۱	۲/۴۰±۰/۰۱	۳/۳۰±۰/۰۱	۰/۱ تسلا + ۱۰۰۰ PPm
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P

جدول شماره ۵. مقایسه اثر غلظت های مختلف داروی کتوکنازول بر روی قطر میانگین کلنی قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم

میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزاسپوروم بر حسب سانتی متر						مدت زمان تیمار
روز اول	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دوازدهم	روز چهاردهم	غلظت محلول کتوکنازول
۱±۰/۱	۲±۰/۱	۲/۳۴±۰/۰۱	۲/۸۱±۰/۰۱	۳/۸۰±۰/۰۱	۴/۳۹±۰/۰۱	شاهد
۰/۵±۰/۰۱	۱/۳۵±۰/۰۱	۱/۴۴±۰/۰۱	۱/۹۱±۰/۰۱	۲/۶۱±۰/۰۱	۳/۱۸±۰/۰۱	۰/۰۳ mg/ml
۰/۵±۰/۰۱	۱/۱۸±۰/۰۱	۱/۲۴±۰/۰۱	۱/۳۹±۰/۰۱	۲/۳۱±۰/۰۱	۲/۵۰±۰/۰۱	۰/۰۷ mg/ml
۰/۵±۰/۰۰۵	۱/۰۷±۰/۰۱	۱/۱۶±۰/۰۱	۱/۲۹±۰/۰۱	۱/۵۵±۰/۰۱	۱/۷۴±۰/۰۱	۰/۱ mg/ml
۰/۵±۰/۰۱۱	۰/۷۴±۰/۰۱	۱/۱۱±۰/۰۱	۱/۲۸±۰/۰۱	۱/۳۱±۰/۰۱	۱/۴۸±۰/۰۱	۰/۰۳ mg/ml
۰/۴۹±۰/۰۰۵	۰/۷±۰/۰۱	۱±۰/۱	۱/۱۲±۰/۰۱	۱/۲۰±۰/۰۱	۱/۲۵±۰/۰۱	۰/۰۶ mg/ml
۰/۵±۰/۰۱	۰/۶۴±۰/۰۱	۰/۹±۰/۱	۱/۰۱±۰/۰۱	۱/۱۰±۰/۰۱	۱/۲۸±۰/۰۱	۰/۱۲ mg/ml
۰/۵±۰/۰۱	۰/۵۸±۰/۰۱	۰/۷±۰/۱	۰/۸±۰/۱	۰/۹۹±۰/۰۱	۱/۰۹±۰/۰۱	۰/۲۵ mg/ml
۰/۵±۰/۰۰۲	۰/۵±۰/۰۰۵	۰/۶±۰/۱	۰/۶۶±۰/۰۱	۰/۷±۰/۱	۰/۸۵±۰/۰۱	۰/۵ mg/ml
۰/۵±۰/۰۰۵	۰/۵±۰/۰۱۱	۰/۴۹±۰/۰۰۵	۰/۵۲±۰/۰۲	۰/۶۵±۰/۰۱	۰/۷۵±۰/۰۱	۱ mg/ml
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	P

بحث و نتیجه گیری

آن ها نشان داد که نانوذرات نقره در ابعاد ۲۵-۲۰ نانومتر بیشترین فعالیت ضد باکتریایی را بین سایر نانوذرات ساختگی دارا می باشند. هر یک از نانوذرات نقره و نانوذرات تیتانیوم اکساید به تنهایی فعالیت ضدقارچی کمی داشتند اما زمانی که در طی دوره سنتز با یکدیگر ترکیب شدند، فعالیت ضدقارچی آن ها

مارتینز-گوتیریز و همکاران در سال ۲۰۱۰ با سنتز ۱۵ نوع از نانوذرات نقره، نانوذرات تیتانیوم اکساید و ترکیبی از این دو، فعالیت ضد میکروبی آن ها را بررسی کردند. آن ها علیه سویه های باکتریایی و قارچی فرصت طلب و پاتوژن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج



افزایش یافت (۱۸). هم چنین میسرا و همکاران در سال ۲۰۱۵ به بررسی اثر ضد قارچی نانوذرات زینک اکساید علیه دو گونه قارچی مانند فوزاریوم و پنی سیلیوم در شرایط آزمایشگاهی پرداختند. نتایج این تحقیق فعالیت ضدقارچی نانوذره زینک اکساید در غلظت ۵۰۰ ppm را نشان داد (۱۹). در تحقیق حاضر نیز اثر ضدقارچی نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن در غلظت ۵۰۰ ppm بیشترین اثر را روی کاهش قطر کلنی قارچ داشت. نانوذرات آهن روی فعالیت و مورفولوژی باکتری هایی نظیر اشرشیاکلاهی، سودوموناس و غیره اثر می گذارد. این امر به دلیل ایجاد رادیکال آزاد (ROS) (Reactive Oxygen Species) است. به طور مثال سوپراکسید و رادیکال های هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن و یک واحد اکسیژن باعث آسیب به پروتئین و DNA باکتری ها می شوند و به دنبال آن استرس اکسیداتیو ایجاد می شود. در نتیجه بر رشد سلول و ساختار غشا تاثیر و ساختار غشا را تخریب می کند و در نهایت موجب مرگ سلول می شوند (۲۰). با توجه به اثبات اثرات نانوذرات آهن بر روی مرگ سلول های باکتری، احتمال دارد در تحقیق حاضر نیز این نانوذرات با مکانیسم مشابهی با آزاد سازی رادیکال های آزاد ناشی از نانوذرات آهن به سلول های قارچ حمله نموده و روی رشد و ساختار غشا اثر گذاشته و ساختار غشا قارچ را از بین برده و در نهایت باعث مرگ قارچ شوند. خاصیت ابر پارامغناطیسی نانوذرات آهن به عنوان یک خاصیت مهم در کاربردهای پزشکی مد نظر محققین است، زیرا هنگامی که میدان مغناطیسی خارجی حذف می شود، خاصیت مغناطیسی نانوذرات از میان رفته و در نتیجه تراکم آن ها از بین می رود. بدین ترتیب، امکان گرفتنی مویرگ ها و مرگ بافت های هدف از بین خواهد رفت. زمانی که اندازه این ذرات از ۳۰ نانومتر کوچک تر شود، ماده خاصیت ابر پارامغناطیسی از خود نشان می دهند (۲۱). در تحقیق حاضر نانو ذرات اکسید آهن به اندازه ۲۵-۲۰ نانومتراوند که این خاصیت ابر پارامغناطیسی در آن ها مشاهده می شود. ژو و لیو در سال ۲۰۱۵ اثر ضد قارچی و مکانیسم نانوذرات نقره روی قارچ فوزاریوم که عامل پوسیدگی خوشه برنج و طوقه ذرت

بود را بررسی کردند نتایج آن ها نشان داد نانوذرات نقره به شکل کرولی و با قطر ۵۰ نانومتر در غلظت ۳۲ ppm قطر ریشه های فوزاریوم را پس از چهار روز حدود ۵۰ درصد کاهش داده اند. در زمان کمتر نانوذرات نقره کاهش چشمگیری در رشد ریشه های این قارچ داشته است، بنا بر این نانوذرات نقره علاوه بر خاصیت ضد باکتریایی، به نسبت بالایی خاصیت بازدارندگی بر علیه عامل بیماری گیاهی قارچ فوزاریوم دارند. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که اثر ضدقارچی نانوذرات آهن کمتر از نانوذرات نقره است. احتمالاً علت تفاوت به قطر نانوذره، نوع ذره و شکل آن و سمیت نانوذره بر می گردد (۲۲،۲۳). از طرفی کوی و کاس در سال ۲۰۰۰ مشاهده کردند اثر آب مغناطیسی با شدت ۰/۸ تسلا در حوضچه پرورش ماهی ها اکسیژن محلول را به میزان قابل توجهی افزایش می دهد. زیرا مغناطیسی کردن آب باعث افزایش حلالیت آب می گردد. میدان مغناطیسی موجب غیر فعال شدن باکتری های موجود در آب می شود که خود باعث کاهش بیماری و بالطبع کاهش مرگ و میر ماهیان می گردد. در تحقیقات حاضر نیز آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا توانسته در شدت کمتر رشد قارچ را مهار کند و ممکن است آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا بتواند خاصیت ضد باکتری و ضدقارچی داشته باشد. پندا و همکاران در سال ۲۰۰۴ با قرار دادن بذر برنج در زمان های مختلف در معرض میدان های مغناطیسی همراه با آب مغناطیسی شده قرار دادند و نتیجه گرفتند که متوسط زمان جوانه زنی در برخی از تیمارها در مقایسه با شاهد کاهش یافته است (۲۴). در نتایج ما زمان نقش مهمی داشته است زیرا با افزایش زمان قطر کلنی قارچ کاهش یافته است. قارچ فوزاریوم به طور فراوان باعث بیماری زایی بذر برنج می شود و احتمال دارد با استفاده از آب مغناطیسی بتوان بیماری زایی بذر برنج را کاهش داد و خسارات وارد شده به کشاورزان را به حداقل رساند.

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می دهد که نانوذره پارامغناطیسی اکسید آهن با قطر ۲۵-۲۰ نانومتر و به شکل مکعبی و آب مغناطیسی با شدت ۰/۱ تسلا دارای فعالیت ضدقارچی بر علیه قارچ

بررسی ایمن بودن نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن و آب مغناطیسی با تحقیقات بیشتر برای سلول انسانی ممکن است در آینده بتوان جهت درمان قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم از آن استفاده کرد.

فوزاریوم اگزیسپوروم باشد. با در نظر گرفتن این نکته که ترکیبات رایج امروزی که برای درمان انواع عفونت های قارچی تجویز می شوند دارای مشکلاتی مانند سمیت و مقاومت دارویی می باشند. لذا در صورت

### References

1. Elmer WH, Covert SF, Donnell K. Investigation of an outbreak of Fusarium foot and fruit rot of pumpkin within the United States. *Plant Dis* 2007; 91: 1142-6. doi:10.1094/PDIS-91-1142.
2. Maran PN, Magan CV, Ajzquez A, Gonzajlez MT, Jaacn S. Differential effect of environmental conditions on the growth and regulation of the fumonisin biosynthetic gene FUM1 in the maize pathogens and fumonisin producers Fusarium verticillioides and Fusarium proliferatum. *FEMS Microbiol Ecol* 2010; 73: 303-11. doi:10.1111/j.1574-6941.
3. Kim KJ, Sung WS, Suh BK. Antifungal activity and mode of action of silver nanoparticles on *Candida albicans*. *Biometals* 2009; 22:235-42. doi:10.1007/S10534-008-91592-2.
4. Sriram MI, Barath S, Kanth M, Kalishwaralal K, Gurunathan S. Antitumor activity of silver nanoparticles in Dalton's lymphoma ascites tumor model. *Int J Nanomed* 2010; 5: 620-753. doi:102147/IJN.S11727.
5. Wildfeuer AH, Seidl I, Paule A, Haberleiter. In vitro evaluation of voriconazole against clinical isolates of yeasts moulds and dermatophytes in comparison with itraconazole, ketoconazole amphotericin B and griseofulvin. *Mycoses* 1998; 41: 309-19. doi:10.1111/J.1439-0507.
6. Schultz S, Smith DR, Mock JJ, Schultz DA. Single target molecule detection with nonbleachingmulticolor optical immunolabels. *Proce National Acad Sci USA* 2000;97:996-1001. doi:10.1073/pnas.97.30996.
7. Zhao ZL, Bian ZY, Chen LX, He XW, Wang YF. Synthesis and surface modifications of iron oxide magnetic nanoparticles and applications on separation and analysis. *Prog Chem* 2006; 18:1288-97.
8. Amedea B, Seabra N, Nelson D. Nanotoxicology of metal oxid nanoparticles a review. *J Metals* 2015; 5: 934-75. doi:10.3390/met5020934.
9. Zhu X, Radovic AF, Wu J, Langer R, Shi J. Nanomedicine in the management of microbial infection overview and perspectives. *Nanotechnology* 2014; 9: 478-98. doi:10.1016/j.nant.d.06.003.
10. Kafayati ME, Raheb J, Torabi Angiy M, Alizadeh S, Bardania H. Effect of magnetic nanaoparticles of iron oxide on bacterial growth activity of *Pseudomonas Sulfur*. *Iran J Biotechnol Kosar* 2013; 1: 41-46.
11. Maheshwari BL, Grewal HS. Magnetic treatment of irrigation water its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agr Water Manage* 2009; 1:1229-36. doi:10.1016j.agwat.03.16.
12. Abdulqados AMS, Hozayn M. Response of growth yield yield components and some chemical constituents of flax for irrigation with magnetized and tap water. *World Appl Sci J* 2010; 8: 630-4.
13. Coey JMD, Cass S. Magnetic water treatment. *J Magnet Mate*2000;209:71-4. . doi:10.1016/s0304-88539900648-4.:
14. Amire GhR, Yousefi MH, Aboulhassani MR, Keshavarz MH, Fatahian S, Alahi M. Redar absor otion of Nio.zn. 3fe<sub>3</sub>o<sub>4</sub> nanoparticles digest. *J Nanomat Biostru*2010; 5:1025-31.
15. Gilani A, Kermanshahi H, Golian A, Gholizadeh M, Mohammadpour A. Evaluation of Magnetized Drinking Water on Carcass Yield and Performance of Broiler Chickens. *Iranian J Anim Sci Res* 2016;8: 86-95.
16. Fliniaux F, François Mesnard F, Sophie Raynaud S, Fliniaux O. Santhesis iron oxide materials method. *J Exp Botany* 2004; 55: 1051-3.
17. Iranbakhsh A, Ebadi M, Bayat M. The Inhibitory effects of plant methanolic extract of *daturastramoniumL.* and Leaf explant callus against bacteria and fungi. *Global Vet*2010; 4:149-55.

18. Martinez F, Olive PL, Banuelos A, Orrantia E, Nino N, Morales E. Synthesis characterization and evaluation of antimicrobial and cytotoxic effect of silver and titanium nanoparticles. *Nanomed Nanotechnol Biol Med* 2010; 6: 681-688. doi:10.1016/j.nano.20001.
19. Ramy S, Yehia A, Osm FA. Invitro study of the antifungal efficacy of zinc oxide nanoparticles against *Fusarium oxysporum* and *Penicilium expansum* methods of nanoparticles for medical and commercial applications. *Biotechnol Impl* 2013;7:1917-23. doi:10.5897/AJMR.5668.
20. Bharde AA, Parikh RY, Baidakova M, Jouen S, Hannoyer B, Enoki T. Bacteria-mediated precursor-dependent biosynthesis of superparamagnetic iron oxide and iron sulfide nanoparticles. *Langmuir* 2008; 24: 5787-5794. doi:10.1021/a704019p.
21. Varadan VK, Chen L, Xie J. *Nanomedicine: design and applications of magnetic nanomaterials nanosensors and nanosystems*. Wiley Am J Ed 2008; 1: 421-50.
22. Zhu YY, Liao LM. Applications of nanoparticles for anticancer drug delivery a review *J Nanosci Nanotechnol* 2008; 5 : 1441-50. doi:10.1158/1078-0432.
23. Sunitha A, Abdeen RS, Sweetly G, Sornalekshmi S, Arsula R. Evaluation of antimicrobial activity of biosynthesized iron and silver nanoparticles using the fungi *Fusarium oxysporum* and *actinomyces* sp. on human pathogen. *Nanobiomed Eng* 2013;5:39-45. doi:10.5101/neb.v5il.
24. Panda RK, Behera SK, Kashyap PS. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. *Agri Water Manage* 2004; 66: 181-203. doi:10.1016/j.awat.12.001.



## Comparison of paramagnetic iron oxide nanoparticles and magnetic water on the growth of *Fusarium oxysporum*

Babashahi P<sup>1</sup>, Naghsh N<sup>2\*</sup>, Madani M<sup>1</sup>

(Received: February 6, 2017)

Accepted: April 4, 2017)

### Abstract

**Introduction:** The resistance of opportunistic fungal strains has been on a growing trend in the recent years. The toxicity of antimicrobial drugs, development of fungal resistance, and incidence of drug interactions account for the consideration of new drug combinations against fungi. Regarding this, the present study was conducted to perform an in vitro investigation on the effect of paramagnetic iron oxide nanoparticles and magnetic water on *Fusarium oxysporum*.

**Materials and Methods:** The synthesis of paramagnetic iron oxide nanoparticles was conducted in Islamic Azad University, Falavarjan Branch, Falavarjan, Iran, using the co-precipitation method. The antifungal effects of paramagnetic iron oxide nanoparticles and the impact of magnetic water with an intensity of 0.1 Tesla on *Fusarium oxysporum* were investigated using pur plate technique. Accordingly, the percentage of *Fusarium oxysporum* growth inhibition was determined.

**Findings:** The results of X-ray diffraction and electron microscopy showed that iron oxide nanoparticles had a diameter of 20-25 nm with a cubic shape. Based on the results of pur plate technique, 0.1 Tesla magnetic water reduced the diameter of *Fusarium*

*oxysporum* colonies by more than 49.64% on all days. In addition, the iron oxide nanoparticles at a concentration of 500 ppm inhibited the diameter of the fungal colony by more than 30% on all days. Furthermore, the combination of iron oxide nanoparticles at a concentration of 500 ppm with 0.1 Tesla magnetic water inhibited the growth of fungal colonies by more than 50%. Therefore, the combined method exerted the greatest synergistic impact on reducing the diameter of the fungal colony. Similar to ketoconazole (concentration of 0.003 mg/ml), on the first day, iron oxide nanoparticles with a concentration of 500 ppm inhibited fungal growth. However, on the twelfth day, 0.1 Tesla magnetic water had a better performance, compared to ketoconazole as a conventional antifungal drug.

**Conclusion:** As the findings indicated, paramagnetic iron oxide nanoparticles with a diameter of 20-25 nm alone and in combination with 0.1 Tesla magnetic water had magnetic antifungal activity against *Fusarium oxysporum*.

**Keywords:** Paramagnetic iron oxide nanoparticles, Magnetic water, *Fusarium oxysporum*, Antifungal effect

1. Department of Microbiology, Islamic Azad University, Falavarjan Branch, Isfahan, Iran

2 Department of Biology, Islamic Azad University, Falavarjan Branch, Isfahan, Iran

Corresponding author: Email: n\_naghsh@yahoo.com