مقایسه تاثیرات نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن($Fe_3 o_4$) و آب مغناطیسی بر رشد قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم

پردیس باباشاهی[۱]، نوشین نقش[۲*]، محبوبه مدنی[۱]

۱) گروه میکروبیولوژی، واحد فلاورجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۸ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۱۵**

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(Fe3o4) 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 فلاورجان 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 ۶۴/ ۴۹ درصد کاهش داد. هم چنین نانوذرات اکسید آهن در غلظت ۵۰۰ppm قطر کلنی قارچ را در تمام روزها بیش از ۳۰ درصد مهار کرده است. از طرفی در غلظت ۵۰۰ppm 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 باشند.

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

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

Email: n_naghsh@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.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

مقدمه

فوزاریوزیس به گروهی از بیماری ها اطلاق می شود که توسط گونه های مختلف فوزاریوم ایجاد می شود. این عوامل قارچی باعث ایجاد بیماری در انسان و حیوانات می گردند. فوزاریوم اگزسپوروم گونه ای از این قارچ است که باعث ایجاد عفونت های ریوی و سیستمیک، کراتیت چشمی، ضایعات پوستی، ناخن و بیماری آلرژیک تنفسی در انسان می گردد(۱). گونه های فوزاریوم از قارچ های ساپروفیت می باشند و در شرایط خاصی قادرند به قارچ های بیماری زا تبدیل شوند. عفونت هایی که توسط این قارچ ایجاد می شود از جمله عفونت هایی هستند که در افرادی که سیستم ایمنی آن ها دچار اختلال در عملکرد می شود. مانند مبتلایان به سرطان که تحت شیمی درمانی هستند، مبتلایان به نقص سیستم ایمنی و مبتلایان به عفونت های ویروسی بیشتر مشاهده می شود(۲). این در صورتی است که به علت ایجاد گونه های مقاوم به داروهای ضد قارچی و هم چنین عوارض جدی که این ترکیبات بر روی سلول های پستانداران دارند تعداد داروهای ضد قارچی موثر که امروزه برای بیماری های قارچی تجویز می شوند ناچیز است. بر این اساس امروزه بسیاری از محققین در حال بررسی و سنتز عوامل ضد قارچی جدید می باشند(۳). امروزه به کمک علم پزشکی هر روز به تعداد بیماری های قابل درمان افزوده می شود. از طرفی نانوتکنولوژی یکی از شیوه های جدید و تخصصی درمان بیماری ها می باشد. محققان نانوتکنولوژی با ابعاد وسیعی از کاربردهای نانوذرات آشنا شده اند که ممکن است نقش بسیار زیادی در پزشکی، پیشگیری و درمان بیماری ها و تولید دارو داشته باشد(۴). از آن جایی که برخی داروهای رایج ضد قارچی دارای عوارض جانبی متعدد از جمله سرطان و مسمومیت هستند و هم چنین مقاومت دارویی در مصرف آن ها ایجاد می شود(۵). در این میان نانوذرات از جایگاه ویژه ای برخوردارند. نانوذرات به دسته ای از مواد که دارای ابعادی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند اطلاق می شوند(۶). نانوذره پارامغناطیسی اکسیدآهن به نانوذرات مگنتیت به عنوان نانوذرات اکسید آهن در علم نانوتکنولوژی مورد استفاده قرار می گیرند و ذرات بسیار کوچک آهن که ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاص متفاوت نسبت به آهن عادی دارند(۷). نانوذرات مغناطیسی می تواند 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، مولکول ها و اتم های سازنده آن خاصیت مغناطیسی دارند به بیان ساده تر عناصری مانند آهن، کبالت، نیکل و آلیاژهای آن ها که توسط آهن ربا جذب می گردد، مواد مغناطیسی نامیده می شود. قابلیت مغناطیسی شدن نانوذرات اکسید آهن را بر اساس پذیرش رفتارهای مغناطیسی مواد ابرپارامغناطیس دسته بندی می کنند(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 آن ها به میدان مغناطیسی)، به وقوع می پیوندد. چون نانوذرات نیاز به نیروی زیادی برای مغناطیسی شدن ندارند، خیلی از حالت طبیعی فاصله نمی گیرند 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 می باشد(۱۰). از طرفی آب مغناطیسی هنگامی که در اثر قرار گرفتن در میدان مغناطیسی مولکول های آن هم جهت و منظم شده باشند، پیوند اکسیژن و هیدروژن از حالت مثلثی به خطی تبدیل می شود، تعداد مولکول آب بالا می رود و دارای خواص متفاوتی از آب عادی می شود(۱۱). آب تیمار شده با میدان مغناطیسی یا آب عبوری از طریق یک دستگاه ایجادکننده مغناطیس، آب مغناطیس شده نامیده می شود. وقتی آب مغناطیسی می شود برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله پیوندهای هیدروژنی، قطبیت، کشش سطحی، هدایت الکتریکی و حلالیت نمک های آن دچار تغییر می گردند(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 می گردد. این امر

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

برای انجام واکنش های شیمیایی بسیار مهم می باشد چرا که بسیاری از واکنش های شیـــمیایی در زمانی کوتاه تر از ۲۰۰ ساعت انجام می شوند و این شیوه کمک موثری در جهـــت تسهـــیل 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: میکروارگانسیم مورد بررسی از گونه قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم انتخاب شد که به شماره(IRAN 81 C) از مجـــموعه میـــــکروبی 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 :

$$FeSo_4 + 2FeCl_3 + 8NaOH \longrightarrow Fe_3O_4 + 6NaCl + Na_2So_4 + 4H_2o$$

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 NaOH، $Fecl_3$، $Feso_4$ می باشد. به طور جداگانه با ترازو مقدار معین از پودرها توزین شدند، به طوری که از پودر NaOH به مقدار ۳/۲ گرم برداشته را در بشر ۶۰۰ سی سی ریخته و ۱۰۰ 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 $Feso_4$ به میزان ۲/۷۸ گرم وزن کرده و ۱۰۰ 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 $Feso_4$ در آب مقطر حل شد. پس از چند دقیقه پودر سیاه رنگ $Fecl_3$ به مقدار ۳/۲۴ گرم و ۱۰۰ 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 ۱۰ 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 $Fecl_3$ و $Feso_4$ 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. ۲۰ دقیقه زمان داده شد تا مواد ته نشین شدند آب رویی آن را خالی کرده و که در ۵ 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 ۵ دقیقه زمان داده شد تا مواد با هم مخلوط شوند. پس از ۵ 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 ۴۸ ساعت در دمای ۴۰ 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

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

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 برخاصیت 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 ppm ۱۰۰۰ بود برای تهیه غلظت های مورد نیاز از آب دو بار تقطیر استریل استفاده شد. برای تهیه غلظت های مختلف ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ppm 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 RT۵۰۰(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 بـــین ۳۰ تا ۴۵ دقیقه می باشد(۱۵).

بررسی فعالیت ضدقارچی نانوذرات اکسید آهن به روش پورپلیت: اثر ضدقارچی نانوذرات اکسید آهن به روش پورپلیت انـــجام شد. در این آزمـــــایش تاثیر غلظت های مختلف نانوذرات اکسید آهن که شامل: تیمارهای شاهد بدون نانوذرات اکسید آهن و سایر تیمارها عبارتند از: نانوذرات اکسید ppm۱۲۵، ppm۲۵۰، ppm ۵۰۰ و ppm ۱۰۰۰ 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، ۶، ۸ ،۱۲ و ۱۴ 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 تاثیرنانوذرات به منظور بررسی تاثیرات سینرژیک نانوذرات اکسید آهن و آب مغناطیسی، از نانوذرات اکسید آهن(۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ppm) 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 کتوکنازول مقایسه شد. غلظت های مختلف محلول کتوکونازول از استوک اصلی به روش سری رقت تهیه شد. محلول

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

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 برمیلی 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 تکرارگردید. 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 قرارگرفت. قطر کلنی قارچ با خط کش اندازه گیری گردید. میزان رشد قارچ در غلظت های مختلف در زمان های ۱، ۴، ۶، 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 Fe_3O_4 به کد ۱۱۱۱-۰۰۱-۰۰ آنالیز نمود. این قله ها در واقع همان پرتوهایی هستند که از قانون براگ تبعیت کرده و از نمونه بازگشت نموده اند. معمولی ترین روش برای اندازه گیری بلورک با استفاده از اندازه گیری قله براگ(پیک بزرگ: ۳۱۱) که پیک شاخص جهت ارزیابی می باشد و هم چنین شدت نیم پهنا مربوط به الگوی XRD و با استفاده از رابطه دبای شرر تعیین می گردد و داریم: که در این رابطه d اندازه بلورک(اندازه کریستال ذرات بر حسب نانومتر)، λ طول موج بر حسب نانومتر، B پهنای نیم پیشینه و θ زاویه پراش پرتو X است. اندازه ریز دانه های Fe_3O_4، nm ۱۴-۱۳ به دست آمد. با مطالعه این نمودار می توان دریافت که نمونه Fe_3O_4 تولید شده تک فاز هستند.

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

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

$$2\theta=35.6$$

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

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

نانوذرات اکسید آهن با غلظت ppm ۵۰۰ 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 ppm ۱۲۵در روز هشتم به بعد توانسته قطر کلنی قارچ را ۱۱/۵درصد کاهش دهد و نانوذرات اکسید آهن در غلظت ppm ۲۵۰ در روزهای اول و چهاردهم ۲۴ درصد رشد کلنی قارچ را مهار کرده اند. این نانوذرات در غلظتppm ۱۰۰۰ 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 کننـــده 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 ppm ۵۰۰ با آب مغناطیسی رشد در روزهای هشتم و دوازدهم رشد کلنـــی قـــارچ 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 نشان داد که در تمام دوزها با افزایش غلظت کتوکونازول قطر کلنی قارچ کاهش بیشتری پیدا کرده بود. نتـــــایج

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.

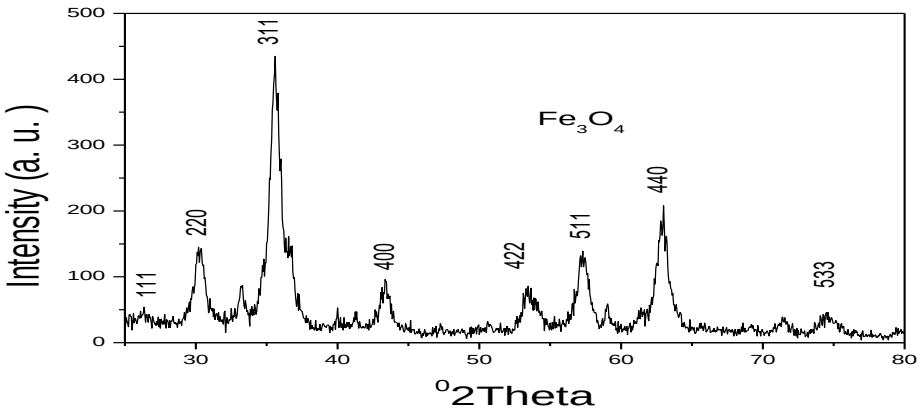
مقایسه بهترین اثر نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن با داروی کتوکونازول بر روی قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم: نانوذرات اکسید آهن با غلظت ppm ۵۰۰ در روز اول شبیه به داروی کتوکونازول در غلظت ۰/۰۰۳ میلی گرم بر میلی لیتر ۵۰ درصد رشد قارچ را مهار کرده است.



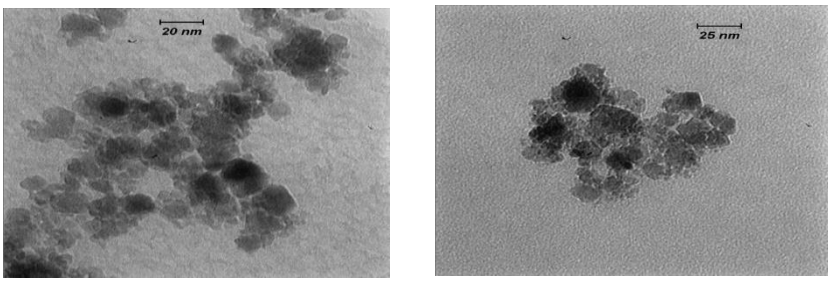
شکل شماره ۱. سنتز نانوذرات اکسید پارامغناطیسی اکسید آهن

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

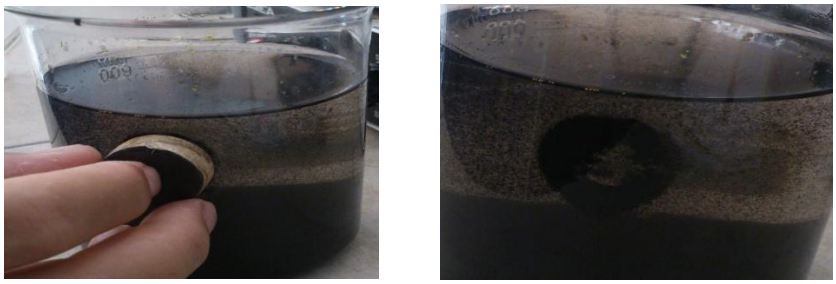
[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]



شکل شماره ۲. نمودار حاصل از پراش پرتو X نانو ذره اکسیدآهن(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 اکسیدآهن

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

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

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

مدت زمان تیمار	میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم بر حسب سانتی متر					
غلظت نانو ذرات پارا مغناطیسی اکسید آهن	روز اول	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دوازدهم	روز چهاردهم
شاهد	۱±۰/۱	۲±۰/۱	۲/۳۴±۰/۰۱	۲/۸۱±۰/۰۱	۳/۸۰±۰/۰۱	۴/۳۹±۰/۰۱
۱۲۵ PPm	۰/۸±۰/۱	۲/۰۳±۰/۰۱	۲/۳۳±۰/۰۱	۲/۵۰±۰/۰۱	۳/۳۸±۰/۰۱	۳/۸۵±۰/۰۱
۲۵۰ 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
۵۰۰ 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
۱۰۰۰ 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
P	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

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

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

جدول شماره (۴): تأثیرات سینرژیک نانوذرات پارا مغناطیسی اکسید آهن و آب مغناطیسی بر میانگین قطر کلنی قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم

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

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

مدت زمان تیمار	روز اول	روز چهارم	روز ششم	روز هشتم	روز دوازدهم	روز چهاردهم
غلظت محلول کتوکونازول						
شاهد	۱±۰/۱	۲±۰/۱	۲/۳۴±۰/۰۱	۲/۸۱±۰/۰۱	۳/۸۰±۰/۰۱	۴/۳۹±۰/۰۱
۰/۰۰۳ mg/ml	۰/۵±۰/۱	۱/۳۵±۰/۰۱	۱/۴۴±۰/۰۱	۱/۹۱±۰/۰۱	۲/۶۱±۰/۰۱	۳/۱۸±۰/۰۱
۰/۰۰۷ 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
۰/۰۱ 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
۰/۰۳ 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
۰/۰۶ mg/ml	۰/۴۹ ±۰/۰۰۵	۰/۷±۰/۱	۱±۰/۱	۱/۱۲±۰/۰۱	۱/۲۰±۰/۰۱	۱/۳۵±۰/۰۱
۰/۱۲ 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
۰/۲۵ 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
۰/۵ mg/ml	۰/۵ ±۰/۰۲	۰/۵±۰/۰۰۵	۰/۶±۰/۱	۰/۶۶±۰/۰۱	۰/۷±۰/۱	۰/۸۵±۰/۰۱
۱ 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
P	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

بحث و نتیجه گیری

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 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

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

افزایش یافت(۱۸). هم چنین میشرا 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 ppm ۵۰۰ را نشان داد(۱۹). در تحقیق حاضر نیز اثر ضدقارچی نانوذرات پارامغناطیسی اکسید آهن در غلظت ppm ۵۰۰ بیشترین اثر را روی کاهش قطر کلنی قارچ داشت. نانوذرات آهن روی فعالیت و مورفولوژی باکتری هایی نظیر اشرشیاکلای، 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 گرفتگی 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 نانومتراند 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 کروی و با قطر ۵۰ نانومتر در غلظت ppm ۳۲ قطر ریسه های فوزاریوم را پس از چهار روز حدود ۵۰ درصد کاهش داده اند. در زمان کمتر نانوذرات نقره کاهش چشمگیری در رشد ریسه 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 وکاس 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

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

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 بررسی ایمن بودن نانوذرات پارا مغناطیسی 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.

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. Haberreiter. 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:10.111/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. Nanotecnology 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 Mate2000;209:71-4. . doi:10.1016/s0304-88539900648-4.:
14. Amire GhR, Yousefi MH, Aboulhassani MR, Kesgavarz MH, Fatahian S, Alahi M. Redar absor otion of Nio.zn. $3fe_3o_4$ nanoparticles digest. J Nanomat Biostru2010; 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. Santhetis 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 Vet2010; 4:149-55.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

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, Osma 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 Impl2013;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 actinomycetes 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.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]

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

Babashahi P[1], Naghsh N[2], Madani M[1]*

(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

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/sjimu.26.3.100]