

## بررسی اثرات ضد عفونی کنندگی بذر با نانو ذرات نقره بر همزیستی میکوریزایی و مرفولوژی ریشه جو در تنش خشکی

• الهام فغانی، استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور- استان گلستان (نویسنده مسئول)  
• فرهاد رجالی، عضو هیئت علمی موسسه خاک و آب تهران

تاریخ دریافت: خرداد ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۳۹۱  
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۷۵۶۵۱۷  
پست الکترونیک نویسنده مسئول: faghani@khu.ac.ir

### چکیده:

خشکی از مهمترین تنش های غیر زیستی است که سیستم کشاورزی و تولید غذا را تحت تاثیر قرار می دهد. ریز ذرات به جهت تسهیل نفوذ در بافت های گیاهی، باعث افزایش سطح جذب مواد غذایی می شود. با توجه به نقش ضد عفونی کنندگی بذر با نانو ذرات نقره در سیستم های کشاورزی، این تحقیق به منظور بررسی اثرات بذور ضد عفونی شده با نانو در همزیستی قارچ با ریشه گیاه، به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. ضد عفونی بذور دو ژنوتیپ جو (معمولی و بدون پوشینه) با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) در دو مرحله جوانه زنی و کشت در گلدان انجام شد. فشار اسمزی با پلی اتیلن گلیکول در مرحله جوانه زنی (۱۵-bar - و ۱۰-، ۵-، ۰) اعمال شد. در نهایت درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک ساقه چه و ریشه چه اندازه گیری شد. بذور ضد عفونی شده به صورت حضور و عدم حضور میکوریزا و با محلول هوگلند با  $\psi = -5\text{bar}$  با محلول اتیلن گلیکول آبیاری شد. در نهایت طول ریشه و اندام هوایی، تراکم میکوریزا، وزن خشک ریشه و ساقه محاسبه شد. نتایج نشان داد که در تنش خشکی، ضد عفونی بذری با ۵۰ ppm نانو ذرات نقره بیشترین درصد جوانه زنی، را نشان داد که معنی دار بود. در حالی که کمترین درصد جوانه زنی در ضد عفونی بذری با قارچ کش مشاهده شد و نسبت وزن خشک ریشه چه به ساقه چه در جو بدون پوشینه ضد عفونی شده با ۱۰۰ ppm نانو نقره کاهش معنی داری را نشان داد. همزیستی میکوریزایی باعث افزایش طول ریشه شد. طول ساقه و نسبت طول ساقه به ریشه نیز در بذور ضد عفونی شده با ۵۰ ppm نانو نقره همزیست با میکوریزا، افزایش معنی داری داشت. ضد عفونی بذری بر تراکم میکوریزا اثر گذاشت. ضد عفونی مرسوم به قارچ کش باعث کاهش معنی داری در تراکم میکوریزا می شود. در تنش خشکی در غلظت ۱۰۰ ppm نسبت به ۵۰ ppm نانو نقره تراکم میکوریزا کاهش معنی داری یافت.

کلمات کلیدی: خشکی - میکوریزا - نانو نقره.

**Study Effects of Nano-Silver Seed Disinfected on Mycorrhizal Symbiosis and Morphology of Barley Root under Drought Stress.**

By:

- E. Faghani, (Corresponding Author; Tel: 09113756517), Scientific Staff of Cotton Seed Institute- Gorgan- Golestan
- F. Rejali, Scientific Staff of Soil and Water Research Institute

Received: June 2011

Accepted: March 2013

Drought is a major a biotic stress that severely affects agricultural systems and food production. Nano silver penetrates in plant tissue easily and increase nutrient absorption. Because of nano – silver disinfected importance in agriculture, this research were conducted to study effects of seed disinfected in fungi of root symbiosis in three Factor Randomized Complete Block Design (RCBD) Disinfected of two genotypes of barley (hull and hulless) with different concentration nano silver (0, 50, 100 ppm and fungicide) in germination stage and planted in pot. Osmotic pressure were done with PEG 6000 (0, -5, -10 and – 15 bar) in germination stage. Also, germination rate, root and shoot height, root and stem dry weight were measured. Seed disinfected planted with mycorrhiza and non – mycorrhiza and watered with hogland solution with PEG  $\psi = -5$  bar. At finally root and shoot height, mycorrhiza dependency, and root and shoot dry weight calculated. Result showed that in drought stress, disinfected seed with 50 ppm nano-silver, highest germination rate differently. In fungicide treatment were showed lowest seed infected. The ratio root dry weight /shoot of hulless barley seed with 100 ppm nano silver decreased differently. Symbiosis of mycorrhiza increased height root. Shoot height and ratio of shoot height / root with 50 ppm nano silver, symbiosis with mycorrhiza increased differently. Fungicide decreased mycorrhiza dependency and in drought stress condition in 100 ppm nano silver was lower differently than 50ppm.

**key Words:** Drought, Mycorrhiza, Nano – silver.

## مقدمه

خشکی از عمده ترین خطرات برای تولید بهینه محصولات زراعی در ایران و جهان است. ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلیمتر جزء مناطق خشک جهان طبقه بندی می گردد. بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل باعث توجه بیشتر به مطالعه اثرات تنش خشکی و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی شده است. زمان وقوع و مدت زمان دوام تنش، خصوصیات ذاتی خاک، تغییرات و نوسانات بارندگی همگی بر مقاومت به گیاه خشکی اثر دارند (آرنون آی، ۱۳۶۵).

استفاده از کودهای شیمیایی نه تنها عامل افزایش هزینه تولید است. بلکه خطر آلودگی آب های زهکشی و انباشت آنها در خاک های زراعی را افزایش می دهد. از سوی دیگر، کودهای میکرو عمدتاً دارای مقادیر قابل توجهی از عناصر نادر، هستند که انباشت آنها در خاک در طی مصرف بلند مدت کودها عامل آلاینده مهمی در خاک های کشاورزی هستند (Raven and Leopert, 1997). تغییر در نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی یا تجمع موقتی ذخایر در ساقه تحت شرایط کمبود آب، با تغییر در متابولیسم کربن و نیتروژن همراه می شود (Rodrigues et al, 1995). نظر به اهمیت کاربردی نانو ذرات نقره در ضد عفونی بذری، در ارتباط با مکانیسم عمل آن دو نکته در نظر گرفته شده است:

۱- مکانیسم یونی: در این مکانیسم ذرات نانو نقره فلزی به مرور زمان، یونهای  $Ag^+$  را از خود ساطع می کنند. این یونها طی واکنش جانمایی، باندهای  $Hs^-$  را در جداره میکروارگانیسم ها به باندهای  $Ags^-$  تبدیل می کنند که نتیجه این واکنش تاتوره شدن و تلف شدن میکروارگانیسم ها است.

۲- مکانیسم کاتالیستی: این مکانیسم بیشتر در مورد کامپوزیت های

نانو نقره- سمی کانداکتورها صدق می کند. ذرات نانو نقره روی پایه های نیمه هادی مانند  $TiO_2$  یا  $SiO_2$  قرار گرفته می شوند. در این حالت پایه های نیمه هادی بدون نیاز به انرژی نور به دلیل کاهش سرعت الکترون ها بین لایه ظرفیت و لایه هدایت اتم به حالت پایداری از حضور ذرات پروتون و تراکم الکترون می رسند، در این وضعیت ذره، مانند یک پیل الکتروشیمیایی عمل می کند و با اکسید کردن اتم  $O_2$  و با هیدرولیز  $H_2O$ ، یون  $OH^+$  را تولید می کنند که هر دو از بنیانهای فعال در گروه اکسیژن فعال هستند که از قویترین عاملین ضد میکروب نیز می باشند (سایت مورد استفاده).

فرضیه ای مبنی بر عدم تاثیر نانوذرات بر گیاهان وجود داشت، به دنبال آن پژوهش هایی توسط Watt و Yang در سال ۲۰۰۵ صورت گرفت که اثر غلظت های مختلف نانو ذرات اکسید آلومینیوم را در محیط کشت هیدروپونیک بر ۵ گیاه کلم، هویج، ذرت، کدو و سویا بررسی کردند، در هر ۵ مورد غلظت ۲ میلی گرم در هر لیتر، کاهش معنی داری در رشد ریشه نشان داد. در حالی که در غلظت های کمتر، این مورد مشاهده نشد. همچنین نانو ذرات دی اکسید سیلیکون رشد ریشه را افزایش داده و در ضد عفونی بذر نقش دارد (Watt and Yang, 2005).

همچنین مطالعاتی با هدف دستیابی به اثرات سمیت گیاهی نانو ذرات آلومینیوم، اکسید آلومینیوم، روی و اکسیدروی بر جوانه زنی و رشد ریشه ۶ گیاه (تربچه، کلزا، چاودار، کاهو، ذرت و کدو) بررسی شد. نتایج نشان داد، نانو ذرات روی و اکسید روی مانع جوانه زنی و رشد ریشه و از بین رفتن میکروارگانیسم های خاک می شود. در حالی که نانو ذرات آلومینیوم و اکسید آلومینیوم هیچ تاثیری بر رشد کدو نداشتند ولی رشد تربچه و کلزا را افزایش و طولی شدگی ریشه چاودار و کاهو را به طور معنی داری

کاهش داد (Michae, 2007). وریکولار<sup>۱</sup> (VAM)، آریاسکولار<sup>۲</sup> (AMF) مایکوریزا یکی از متداول ترین همزیستی های مایکوریزی در گیاهان می باشند که همزمان با اولین گیاهان خشکی زی در پانصد میلیون سال پیش ظاهر شدند. VAM از انواع مایکوریزایی است که در اغلب اکوسیستم های کشاورزی و منابع طبیعی یافت می شود. AMF با اغلب گونه های گیاهی همزیست شده و در تنوع گیاهان، رشد و حاصلخیزی آنها اهمیت دارند (Rosendahl and Stukenbrock, 2004).

قارچ های میکوریزا بر اساس نقش خود به عنوان رابط بین خاک و گیاه در تغذیه گیاهان، از اهمیت زیادی برخوردار می باشند. میکوریزها به همان میزان که در انتقال مواد غذایی بین گیاه و خاک دخالت دارند، می توانند یک عامل محافظت کننده خاک نیز محسوب شوند (Borkowska, 2002).

### مواد و روش ها

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر نانو ذرات نقره جهت ضد عفونی بذور و این که آیا ضد عفونی بذور با نانو نقره، همزیستی قارچ با ریشه گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد، به صورت آزمایش فاکتوریل بر مبنای طرح کاملاً تصادفی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی صورت گرفت. ضد عفونی بذور دو ژنوتیپ جو (معمولی و بدون پوشینه) با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره (صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) که به ترتیب با (C1، C2، C3 و C4) در دو مرحله جوانه زنی و کشت در گلدان انجام شد. در مرحله جوانه زنی، بذور جو با غلظت های مذکور نانو نقره ضد عفونی شد و جهت ارزیابی فشار اسمزی با غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول با فشار اسمزی (bar15- و -۱۰ و -۵، ۰) تیمار دهی شد (Ptetld, 2006) و به مدت هفت روز در اتاقک کشت با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت، سپس به صورت روزانه، درصد جوانه زنی و در نهایت در روز هفتم، طول ساقه چه، ریشه چه، وزن خشک ساقه چه و ریشه چه اندازه گیری گردید. در مرحله بعد بذور ضد عفونی شده به گلدان هایی با ماسه استریل در دو سطح حضور و عدم حضور مایه تلقیح مایکوریزایی کشت شد. سپس با محلول غذایی هوگلدن با فشار ۵bar=۷ حاصل از محلول پلی اتیلن گلیکول محلول دهی شد (Michael, 1983). بعد از نمونه گیری در هر مرحله، طول ریشه و اندام هوایی، درصد همزیستی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی محاسبه گردید. تراکم مایکوریزایی بر اساس روش تلاقی خطوط شبکه (Gridline intersect method) انجام شد (Grace and Stribley, 1991).

بدین ترتیب که ریشه ها پس از شستشو در هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد و اسیدی شدن در کلرید هیدروژن ۱ درصد با تریپان بلو ۰/۰۱ درصد در گلیسرول اسیدی شده رنگ آمیزی شد. قطعات ۱ سانتی متری ریشه در صفحات مدرج ۱ سانتی متر در ۱ سانتی متر با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰ مشاهده شد و درصد همزیستی بر اساس حضور وزیکول ها و هیف های میکوریزایی محاسبه شد. در نهایت داده ها از نظر آماری با نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل شد.

### نتایج و بحث

#### اثر ضد عفونی بذور جو با نانو ذرات نقره در مرحله جوانه زنی

در غلظت ۵۰ ppm نانو ذرات نقره ژنوتیپ جو بدون پوشینه با ۸۴ درصد، بیشترین درصد جوانه زنی را نشان داد که در سطح ۵٪ معنی دار بود (شکل ۱ب). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بذور ضد عفونی شده با قارچ کش، درصد جوانه زنی به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۱).

بررسی اثر فشار اسمزی در غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول بر درصد جوانه زنی، نشان داد که ضد عفونی ۵۰ ppm نانو نقره در تیمار شاهد، با ۹۲ درصد بیشترین درصد جوانه زنی را داشت. در فشار اسمزی بالای پلی اتیلن گلیکول (bar15-) ضد عفونی بذور با غلظت ۱۰۰ ppm نانو نقره، درصد جوانه زنی کاهش معنی دار بود و کمترین درصد جوانه زنی در ضد عفونی مرسوم با قارچ کش رورال تی اس مشاهده شد (شکل ۱الف).

Zeng و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی اثرات نانو اکسید تیتانیوم در غلظت های ۰/۲۵ درصد تا ۴ درصد بر جوانه زنی و رشد بذور اسفناج مشاهده کردند، در غلظت ۰/۲۵ درصد نانو اکسید تیتانیوم در طی مراحل مختلف رشد، وزن خشک گیاه، سنتز کلروفیل، فعالیت روبیسکو، نرخ فتوسنتزی و متابولیسم نیتروژن افزایش می یابد.

نانوذرات با اندازه حدود ۸ نانومتر توانایی نفوذ به غشاء زیستی را دارد و با تاثیر بر دیواره سلولزی در انتقالات یونی در غشاء سلولی گیاه ایفای نقش می کند (Michae, 2007). همانطور که در جدول تجزیه واریانس نشان داده شد اثر متقابل خشکی و غلظت های مختلف ضد عفونی بذری بر طول ریشه چه و ساقه چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۱). همچنین برهم کنش ژنوتیپ و تیمارهای ضد عفونی بذری بر طول ریشه چه در سطح احتمال ۱ درصد از نظر آماری معنی دار بود ولی بر طول ساقه چه معنی دار نبود (جدول ۱). در مرحله جوانه زنی، ارزیابی اثر متقابل غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول با تیمارهای ضد عفونی بذری نشان داد که کمترین تعداد ریشه غیر نرمال در ضد عفونی بذور جو با قارچ کش رورال تی اس مشاهده شد (شکل ۲). samarbakshsh و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که برخی ضد عفونی های بذری کاهش معنی داری در رشد گیاه دارد که به نوع تیمار ضد عفونی کنندگی بذری، نوع گیاه و مرحله رشدی بستگی دارد. مطالعات دلالت به این دارد که یون های نقره با گروه های سولفید هیدروژن پروتیین ها در بازهای DNA برهم کنش دارد، به طوری که منجر به جلوگیری از تنفس یا باز شدن مارپیچ DNA می شود (Russel (Batarseh, 2004) و Hugo در ۱۹۹۴ در رابطه با نقش ذرات نقره به مانعت از تقسیم سلولی و تخریب پوشش سلولی در میکروارگانیسم ها اشاره کردند که این مسئله در مورد کشت بذور در خاک صادق است.

#### اثر ضد عفونی بذور جو با نانو ذرات نقره

##### بر همزیستی میکوریزایی

بیشترین وزن خشک ساقه در بذورهای ضد عفونی شده با ۵۰ ppm نانو ذرات نقره و در فشار اسمزی صفر مشاهده گردید که در مقایسه با سایر تیمارهای ضد عفونی بذری، این اختلاف معنی دار می باشد. در حالی که ضد عفونی بذری با قارچ کش در فشار اسمزی صفر، وزن خشک ریشه کاهش معنی دار یافت، در حالی که ضد عفونی با نانو ذرات نقره در غلظت ۱۰۰ ppm وزن خشک ریشه افزایش معنی دار داشت (شکل ۴). قارچ کش ها و ضد عفونی های بذری از جمله نانو نقره می تواند فعالیت مایکوریزا در خاک را تحت تاثیر قرار دهد و بدین ترتیب اثرات نامطلوبی بر جوامع میکروبی خاک خواهد داشت. (Miransari et al, 2006)

Zhang و همکاران در ۲۰۰۶ گزارش کردند مصرف غلظت های زیاد ضد عفونی بذری می تواند نسبت همزیستی گیاه با قارچ را کاهش دهد. برهم کنش گونه های مختلف مایکوریزایی با قارچ کش های مختلف متفاوت است، به طوری که استفاده از قارچ کش ها، فعالیت قارچی را

همزیستی میکوریزایی معنی دار می باشد به طوری که در تیمارهای ppm 50 نانو نقره و در همزیستی با میکوریزا، طول ساقه با ۶/۷ سانتیمتر افزایش، معنی دار بود. همچنین نسبت طول ساقه به ریشه نیز افزایش معنی داری را نشان داد (شکل ۵). تنش خشکی در همزیستی میکوریزایی اثر معنی داری در طول ریشه و ساقه داشت که در جدول تجزیه واریانس نشان داده شد (جدول ۱). در همزیستی میکوریزایی در پتانسیل فشار 5 bar- طول ریشه با ۹/۶ سانتی متر افزایش معنی داری یافت (شکل ۳). در شرایط بدون تنش و در همزیستی با میکوریزا، وزن خشک ریشه افزایش یافت ولی این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود (شکل ۴). قارچ های میکوریزی با آزاد سازی هورمون های گیاهی از جمله سیتوکنین، رشد گیاهان و جذب عناصر به ویژه فسفر را تحت تاثیر قرار می دهد. میکوریزایی شدن، جذب عناصر را از طریق تغییر در مرفولوژی ریشه متاثر می سازد. این همزیستی عمدتاً منجر به تغییراتی در قدرت پروتون زایی ریشه و در نتیجه pH ریزوسفر می شود (Marschner and Römheld, 1983). همچنین نسبت طول ساقه به ریشه در رقم صحرا و در 50 ppm نانوذرات نقره افزایش معنی داری داشت (شکل ۵). نانو ذرات در تحریک رشد رویشی و تسهیل در جذب عناصر میکرو به ریشه گیاهان نقش دارند. بدین ترتیب منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می شوند. محلول NPK (ازت، فسفر و پتاس) با نانو ذرات باعث افزایش سطح جذب مواد غذایی و تحریک رشد و نمو در گیاه می شود و بدین گونه با افزایش تولید و کیفیت ویژگی خاک، تسهیل کننده رویش گیاهان می باشند (Pteltid, 2006).

تحت تاثیر قرار داده و سبب افزایش کارایی جوانه زنی بذر در زمین و سبز شدن شوند (Pedersen and Williams-Murillo, 2008). حفظ جوامع میکروبی مفید در خاک و افزایش همزیستی میکوریزا با گیاه در کشاورزی پایدار بطور قابل توجهی اهمیت دارد (Schweiger et al, 2001).

در تیمار قارچ کش و در فشار اسمزی 5bar- طول ریشه در حدود ۱۱/۴ سانتیمتر افزایش یافت که از نظر آماری معنی دار بود. در حالی که در غلظت 100 ppm نانو نقره، طول ریشه و ساقه به ترتیب با ۷/۴۹ سانتیمتر و ۵/۶۲ سانتیمتر کمترین اندازه را داشتند و از لحاظ آماری معنی دار نبود (شکل ۳) (جدول ۲). نانو ذرات نقره در غلظت های کم نقش ضد میکروبی دارند. نانو ذرات نقره به تنهایی عمل نمی کنند بلکه فعالیت ضد میکروبی آنها حاصل اثر متقابل نانو نقره بر دیواره سلولی میکرو ارگانیسم ها، توقف رشد و مرگ سلولی می باشد و این مکانیسم به غلظت یون های نقره و حساسیت گونه های میکوریزی و میکروبی خاک مربوط می شود (karimi et al, 2012). گیاهان میکوریزی تجمع وزن خشک اندام هوایی را نسبت به گیاهان بدون میکوریز به میزان بالایی تحریک می کنند (محمودی و همکاران، ۱۳۸۲). تشکیل کلونی ریشه با قارچ های میکوریزا، حاصلخیزی گیاهان زراعی را در تنش خشکی افزایش داده و بدین ترتیب به تنش خشکی مقاوم می شوند (Ghazi et al, 2004). میکروارگانیسم ها با فراهم کردن سطح اضافی جذب، سبب افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر شده و به این ترتیب تولید اسمیلات را افزایش می دهند و سبب رشد و افزایش وزن خشک گیاه می گردند (شیرانی راد و همکاران، ۱۳۷۹). اثر تیمارهای ضد عفونی بذری در

جدول ۱ - تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ژنوتیپ های مختلف جو ضد عفونی شده با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره به ترتیب (صفر (شاهد)،

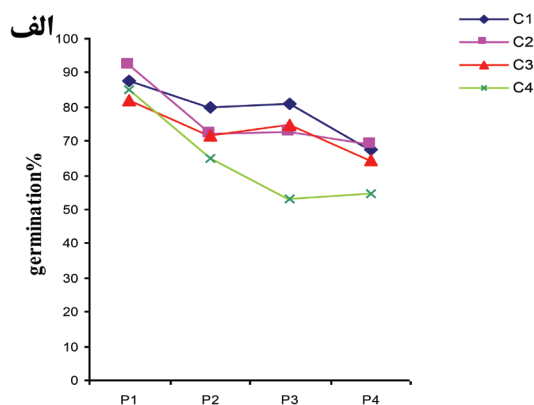
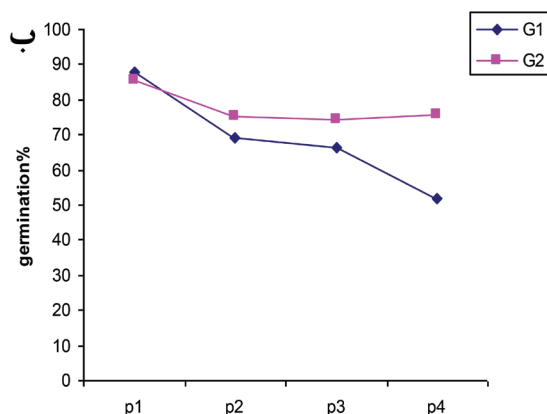
۵۰ ppm و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) در غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول با فشار اسمزی (bar ۱۵- و ۱۰-، ۵-، ۰-)

در دو رقم جو معمولی و بدون پوشینه در مرحله جوانه زنی .

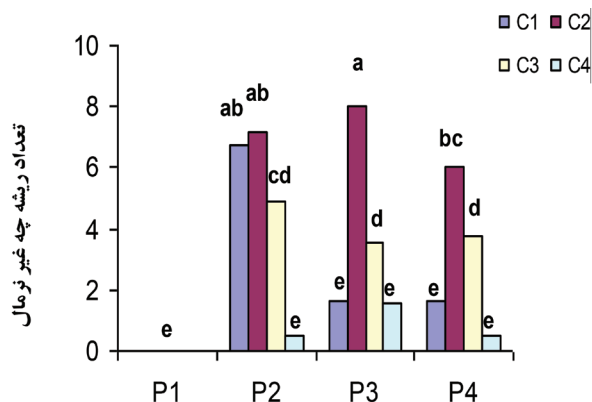
| طول ساقه چه (سانتی متر) | طول ریشه چه (سانتی متر) | درصد جوانه زنی | درجه آزادی   |
|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|
| ۱۶/۵۱**                 | ۱۶/۴۲**                 | ۱۹۳۸/۲۵**      | ۳            |
| ۳۸۶/۹۶**                | ۳۸۰/۵۳**                | ۴۴۶۸/۱۹۲**     | ۴            |
| ۹۳/۱۷**                 | ۲۲/۱۳**                 | ۳۷۹۰/۸۷**      | ۱            |
| ۱۷/۹۲**                 | ۱۰/۹۱**                 | ۳۱۹/۳۹۴**      | ۱۲           |
| ۲/۴۵**                  | ۴/۴ <sup>ns</sup>       | ۲۳۲۵/۰۵۷**     | ۳            |
| ۷/۱۳**                  | ۳/۳ <sup>ns</sup>       | ۱۳۹۸/۳۵۹**     | ۴            |
| ۰/۰۰۰۰۱۶                | ۰/۰۰۰۱۵۱                | ۲/۴            | ۸۰           |
| ۱۴۱/۰۴۵                 | ۱۴۰/۸۴۳                 | ۸/۴            | ضریب تغییرات |

| طول ساقه چه (سانتی متر) | طول ریشه چه (سانتی متر) | درصد جوانه زنی | درجه آزادی   |
|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|
| ۱۶/۵۱**                 | ۱۶/۴۲**                 | ۱۹۳۸/۲۵**      | ۳            |
| ۳۸۶/۹۶**                | ۳۸۰/۵۳**                | ۴۴۶۸/۱۹۲**     | ۴            |
| ۹۳/۱۷**                 | ۲۲/۱۳**                 | ۳۷۹۰/۸۷**      | ۱            |
| ۱۷/۹۲**                 | ۱۰/۹۱**                 | ۳۱۹/۳۹۴**      | ۱۲           |
| ۲/۴۵**                  | ۴/۴ <sup>ns</sup>       | ۲۳۲۵/۰۵۷**     | ۳            |
| ۷/۱۳**                  | ۳/۳ <sup>ns</sup>       | ۱۳۹۸/۳۵۹**     | ۴            |
| ۰/۰۰۰۰۱۶                | ۰/۰۰۰۱۵۱                | ۲/۴            | ۸۰           |
| ۱۴۱/۰۴۵                 | ۱۴۰/۸۴۳                 | ۸/۴            | ضریب تغییرات |

ژنوتیپ = G غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول = P و PEG و غلظت های مختلف نانو نقره = C



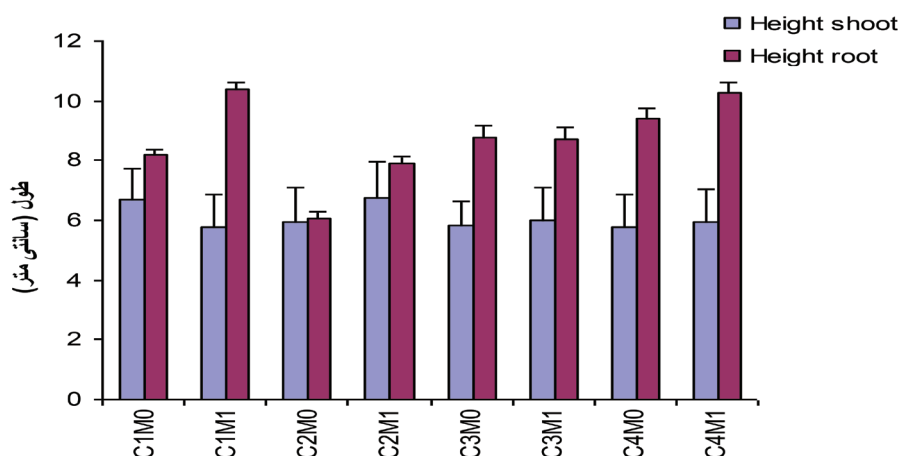
شکل ۱- اثر متقابل غلظت های اتیلن گلیکول با فشار اسمزی (۱۵-، ۱۰-، ۵-، ۰) (الف) تیمارهای مختلف ضد عفونی بذری (ب) ژنوتیپ های جو بر درصد جوانه زنی G1 رقم صحرا و G2 جو بدون پوشینه و C1، C2، C3 و C4 ضد عفونی بذور با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره به ترتیب (صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) .



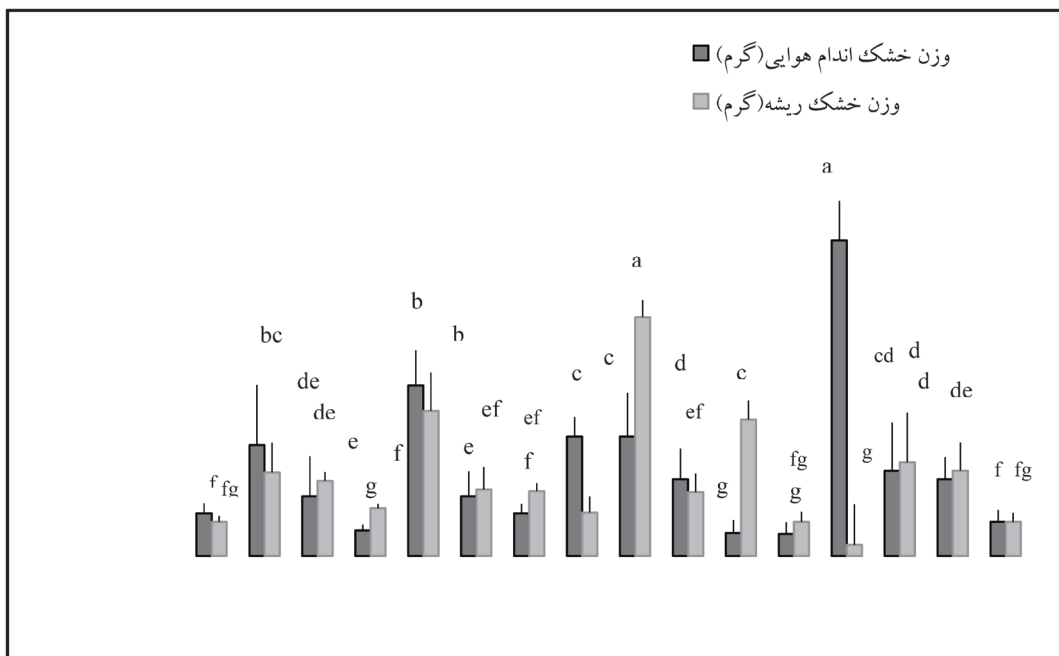
شکل ۲- بررسی ضد عفونی بذری با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره C1، C2، C3 و C4 به ترتیب (صفر (شاهد)، ۵۰ و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) بر تعداد ریشه چه غیر نرمال در غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول با فشار اسمزی (۱۵-، ۱۰-، ۵-، ۰) .

### تراکم میکوریزا

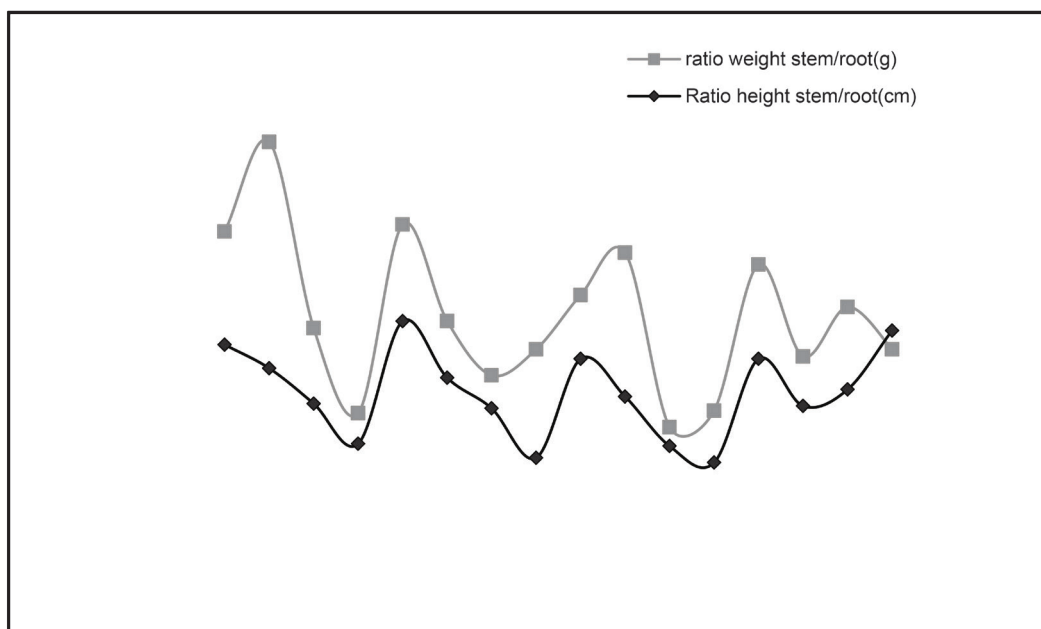
ضد عفونی بذری بر تراکم میکوریزا تأثیر گذاشت به طوری که ضد عفونی مرسوم با قارچ کش باعث کاهش معنی دار تراکم میکوریزا شد، اما بین غلظت های ضد عفونی با نانو نقره تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۶). همانطور که شکل ۶ نشان داد، در تنش خشکی، در غلظت ۱۰۰ ppm نسبت به ۵۰ ppm تراکم میکوریزایی کاهش معنی داری یافت. کمترین تراکم میکوریزایی در ضد عفونی بذری با قارچ کش مشاهده شد که به نظر می رسد قارچ کش، جمعیت قارچ های میکوریزایی خاک را تحت تاثیر قرار داد. در گیاهان همزیست با مایکوریزا، توانایی در جذب مواد غذایی و تحمل در مقابل تنش های زیستی و غیرزیستی افزایش یافت. قارچ ها خود به فرآورده های فتوسنتزی گیاهان نیاز دارند بنابراین قارچ های مایکوریزا با افزایش جذب آب و عناصر غذایی باعث افزایش فتوسنتز، تولید اسمیلات و در نهایت بهبود رشد گیاه می شوند (Talukdar and Germida, 1995).



شکل ۳- بررسی ضد عفونی بذری با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره به ترتیب (صفر (شاهد)، ۵۰ ppm و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) بر طول ریشه وساقه در همزیستی میکوریزایی (M0 بدون میکوریزا و M1 با میکوریزا).



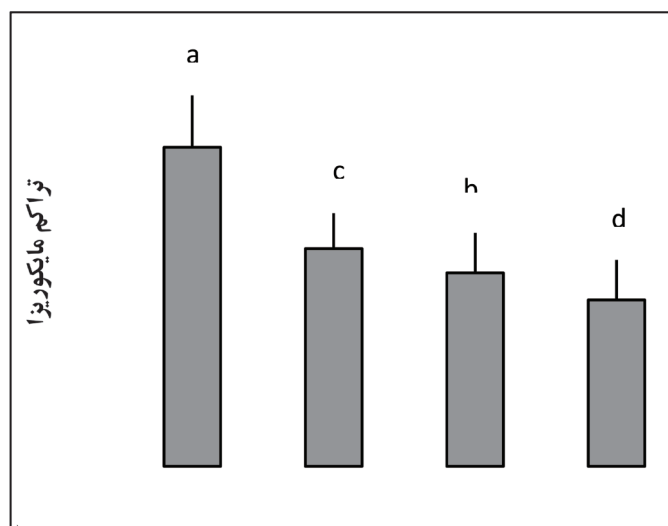
شکل ۴- بررسی ضد عفونی بذری با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره به ترتیب (صفر (شاهد)، ۵۰ ppm و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) بر وزن خشک ریشه و ساقه درهمزیستی میکوریزایی در غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول با فشار اسمزی (۰، -۵، -۱۰ و -۱۵ bar)



شکل ۵- بررسی ضد عفونی بذری با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره به ترتیب (صفر (شاهد)، ۵۰ ppm و ۱۰۰ ppm و قارچ کش) در غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول با فشار اسمزی (۰، -۵، -۱۰ و -۱۵ bar) بر نسبت وزن خشک ساقه به ریشه و نسبت طول ساقه به ریشه



11. Michael B E.(۱۹۸۳) . Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the in the absence and presence of other solutes. *Plant Physiology* 72:66-70.
12. Miransari M., Bahrami HA., Rejali F., Malakouti M J and Torabi H. (2007). Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (*Zea mays L.*) growth. *Soil Biology. Biochemistry*. 39: 2014-2026.
13. Murillo-Williams A and Pedersen P. (2008). Arbuscular mycorrhizal colonization response to three seed-applied fungicides. *Agronomy Journal*. 100: 795-800.
14. Pteltd. (2006). we change the surface chemistry of any material with nano coatings .Inspiraz. technology
15. Raven K.P and Leoppert. (1997). Trace element composition of fertilizers and soil amendments .*J.Environ.Qual*.26:551-557.
16. Rodrigues ML. Pacheco CA and Chaves MM. (1995). Soil-plant relations, root distribution and biomass partitioning in *Lupinus albus L.* under drought conditions. *Journal of Experimental Botany* 46:947-956.
17. Rosendahl S and Stukenbrock EH. (2004). Community structure of AMF in undisturbed vegetation revealed by analyses of LSU rDNA sequences .*Molecular Ecology*.13:3179-3186.
18. Russell AD and Hugo WB. (1994). Antimicrobial activity and action of silver. *Progress in medicinal chemistry*.31: 351-371
19. Samarbakhsh S., Rejali F, Ardakani MR., Pak Nejad F and Miransari M.(2009). The Combined Effects of Fungicides and Arbuscular Mycorrhiza on Corn (*Zea mays L.*) Growth and Yield under Field Conditions. *Journal of Biological Sciences*, 9: 372-376.
20. Schweiger P F., Spliid NH and Jakobsen I. (2001). Fungicide application and phosphorus uptake by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi into field-grown peas. *Soil Biology Biochemistry*. 33: 1231-1237.
21. Talukdar NC and Germida JJ. (1995). Growth and yield of lentil and wheat inoculated with three *Glomus* isolates from Saskatchewan soil. *Mycorrhiza* .5:145-152.
22. Watt D and Yang L. (2005). Scientists say nanoparticles might damage plant life .New Jersey Institute of technology.
23. Zheng L., Hong F.Lus and Liu C. (2005). Effect of nano-TiO<sub>2</sub> on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach .*Biol.Trace.Elem.Res*.104 (1):83-92.
24. Zhang, Z H., Zhu Y G., Lin A J., Chen B D., Smith S E and Smith FA.(2006). Arbuscular mycorrhizal fungi can alleviate the adverse effects of chlorothalonil on *Oryza sativa L.* *Chemosphere*, 64: 1627-1632.
25. <http://www.nanopersian.com.nanopersian agriculture>.



شکل ۶- بررسی ضد عفونی بذری با غلظت های مختلف نانو ذرات نقره به ترتیب (صفر) شاهد، ۵۰ ppm و ۱۰۰ ppm و قارچ کش

#### منابع مورد استفاده

۱. آرنون، آی (۱۳۶۵). اصول زراعت در مناطق خشک ، ترجمه عوض کوچکی و امین علیزاده ، جلد دوم . انتشارات آستان قدس رضوی.
۲. مستاجران، ضوئی (۱۳۷۸). همزیستی مایکوریزایی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. شیرانی راد، ا.، علیزاده، ع و هاشمی دزفولی، ا. (۱۳۷۹). بررسی اثر قارچ میکوریز و زیگولار-آرباسکولار، فسفر و تنش خشکی بر کارایی جذب عناصر غذایی در گیاه گندم. *مجله نهال و بذر*. ج. ۱۶. ش. ۳: ۳۲۷-۳۴۹.
۴. محمودی، م.، فهیمی، ح.، خوشرو، م. (۱۳۸۲). بررسی اثر تغذیه فسفوری و قارچ میکوریزی و زیگولار - آرباسکولار بر رشد و جذب عناصر P, N در گیاهان پسته. *مجله پژوهش و سازندگی*، ش. ۵۸.
5. Batarseh KI. (2004). Anomaly and correlation of killing in the therapeutic properties of silver (I) chelating with glutamic and tartaric acids. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*.54: 546-548.
6. Ghazi Ak., Michael B Mc and Zak J. (2004). Field response of wheat to arbuscular mycorrhiza fungi and drought stress. *Mycorrhiza*. 14: 263-269.
7. Grace C and Stribley D. (1991). A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycology Research*. 95: 1160-1162.
8. Karimi N., Minaei S., Almassi M. and Shahverdi A R. (2012). Application of silver nano-particles for protection of seeds in different soils. *African Journal of Agricultural Research*. 7.12:1863-1869,
9. Marschner H and RÖmheld (۱۹۸۳) .). In vivo measurement of root -induced Ph changes at the soil -root interface: Effect of plant species and nitrogen source *Z. pflanzenernaehr. Bodenk*.111:241-251.
10. Michae B. (2007). Nano particles could have negative effect on plant growth .Nano work LLC.