دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
نشریه مرتعداری
جلد اول، شماره اول، بهار ۱۳۹۳
http://jrm.gau.ac.ir

اثر نانوذرات نقره بر جوانه‌زنی دو گونه مرتعی *Festuca arundinaceae* و *Ovina Festuca* تحت تنش شوری

***حسین آقاجان‌تبار عالی[۱]، همّت‌اله پیردشتی[۲]، آزاده کاشانی[۳] و پوریا بی‌پروا[۴]**

[۱]کارشناسی‌ارشد گروه مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۲]دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۳]دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، [۴]استادیار گروه علوم پایه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۷

چکیده

مقاومت به شوری از جمله عوامل مهم در انتخاب گونه‌های مناسب برای اصلاح اساسی مراتع می‌باشد و موفقیّت آن نیز به پاسخ‌های بذور به جوانه‌زنی و رشد اولیه بستگی دارد. در این پژوهش، اثرات نانوذرات نقره بر جوانه‌زنی دو گونه مرتعی *Festucaarundinaceae* و *Festucaovina* تحت تنش شوری به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو عامل شوری در چهار سطح (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار در لیتر از نمک NaCl) و عامل نانوذرات نقره در چهار سطح (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ پی‌پی‌ام) در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که اثرات ساده گونه، تنش شوری و نانو ذرات نقره و برهمکنش آن‌ها برای همه صفات مورد بررسی به‌جز طول ریشه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. نانوذرات نقره باعث افزایش طولی ریشه و ساقه در هر دو گونه و به‌خصوص گونه *F. ovina* شد با وجود این‌که اثرات مثبت کمتری برای گونه *F.arundinaceae* مشاهده شد. در مجموع استفاده از غلظت ۲۰ پی‌پی‌ام نانوذرات نقره باعث بهبود در مؤلفه‌های سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه و طول ساقه در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط تنش‌شوری شد.

واژه‌های کلیدی: نانوذرات نقره، جوانه‌زنی، *Festucaarundinaceae*، *Festucaovina*

*مسئول مکاتبه: hoalli@gmail.com

مقدمه

گونه‌های *Festucaarundinaceae* و *Festucaovina* از تیره Poaceae از گندمیان فصل سرد بوده که در بیشتر استان‌های ایران پراکنش دارند (کریمی، ۱۹۹۶). این گونه‌ها نسبتاً خوش‌خوراک و پر تولید مراتع کشور بوده که در مدیریت مناطق استپ و نیمه‌استپ کشور جهت بذرکاری و بذرپاشی مناسب می‌باشند. همچنین این گیاهان به سبب داشتن سیستم ریشه‌ای فشرده به‌عنوان گونه‌های حفاظتی و اصلاح مراتع کوهستانی دارای اهمیّت هستند (آذرنیوند و زارع چاهوکی، ۱۹۹۸). فسکوی بلند با نام علمی *F. arundinaceae* دارای ارتفاع ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر، علوفه خشن، ریشه عمیق و مداوم و زیاد می‌باشد. این گیاه به سبب داشتن برگ زیاد در قاعده بسیار خوش‌خوراک و مناسب برای چرا می‌باشد (کریمی، ۲۰۰۸). از سوی دیگر فسکیوی گوسفندی با نام علمی *F. ovina*، دارای فرم چمنی و برگ‌های راست و باریک است. گاو و گوسفند این گیاه را به‌دقت چرا می‌کنند (کریمی، ۲۰۰۸). بالا بودن شوری خاک مانع نفوذ آب به قسمت‌های داخلی بذر می‌گردد و در صورتی‌که رطوبت خاک کم باشد رطوبت جذب شده توسط بذر، جذب ذرات خاک جانبی می‌گردد و در خاک‌های با شوری بیشتر، فقط بذرهای برخی از گیاهان مقاوم به شوری می‌توانند جوانه بزنند (مقدم، ۱۹۹۶). جوانه‌زنی به‌عنوان یکی از مراحل بحرانی در استقرار گیاه محسوب شده و تنش شوری یکی از عوامل مؤثر در جلوگیری از جوانه‌زنی، رشد اولیه گیاهچه و استقرار گیاه است. توانایی جوانه‌زنی در غلظت‌های مختلف شوری معیاری برای مقاومت بذرها استفاده می‌شود که پاسخ‌های جوانه‌زنی بذرهای گونه‌های مختلف به شوری متفاوت است (انوری و همکاران، ۲۰۰۹). نانو ذرات مجموعه‌های اتمی یا مولکولی با حداقل ابعاد بین ۱۰۰-۱ نانومتر هستند که خواص فیزیکوشیمیایی متفاوتی در مقایسه با توده مواد خود دارند (خُت[1] و همکاران، ۲۰۱۲). تهیه نانوذرات، امکان تغییرات عمده در ساختمان، ترکیب و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن‌هاست که بسته به روش تهیه دو نوع مختلف از نانوذرات یعنی نانوسفرها و نانوکپسول‌ها حاصل می‌شود (آلملن[2] و همکاران، ۱۹۹۳). نانو ذرات‌ها در سرعت جوانه‌زنی مؤثر بوده و رشد گیاه را افزایش می‌دهند. کلید افزایش سرعت جوانه‌زنی بذور توسط نانوذرات‌ها در نفوذ این ذرات به داخل بذرهاست (خُت و همکاران، ۲۰۱۲). کودوکوسکیا[3] و

1- Khot
2- Alleman
3- Khodakovskaya

همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که نانوذرات MWCNTs با رخنه در بذور گوجه‌فرنگی باعث افزایش جوانه‌زنی از طریق افزایش قدرت جذب آب توسط دانه شد. اختیاری و مراقبی (۲۰۱۲) نیز اعلام کردند که اثر سطوح تیمارهای شوری تحت تأثیر تیمارهای نانوذرات نقره نسبت به تیمار شاهد موجب افزایش درصد جوانه‌زنی زیره (*Cuminum cyminum* L.) شده است و تیمار نانوذرات نقره با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به سایر تیمارها از عملکرد مناسب‌تری برخوردار بود. با توجه به موارد مطرح شده، این پژوهش با هدف تأثیر نانوذرات نقره بر میزان جوانه‌زنی و رشد اولیه و در نتیجه استقرار و سبز شدن گیاه در گونه مرتعی *F. ovina* و *F. arundinaceae* مورد مطالعه تحت تنش سطوح مختلف شوری نمک NaCl به‌عنوان عامل مهم بازدارنده جوانه‌زنی، و تعیین آستانه تحمل به تنش جهت کشت در عرصه‌های شور صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در آزمایشگاه تنش‌های محیطی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۱ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه عامل در ۳ تکرار به اجرا در آمد. عامل اول بذرهای گونه‌های گیاهی شامل بذرهای گونه‌های مرتعی *F. arundinaceae* و *F. ovina* بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و عامل دوم سطوح مختلف شوری (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار نمک NaCl) و عامل سوم محلول نانوذرات نقره در چهار غلظت (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ پی‌پی‌ام) تعیین شد. در این پژوهش بذرها با محلول هیپوکلریت سدیمیک درصد به‌مدت ده دقیقه به‌طور سطحی ضدعفونی و سپس با آب مقطر سه بار شستشو شدند. همچنین به‌منظور استریل بذرهای مورد مطالعه و جلوگیری از آلودگی‌های قارچی بذرها با قارچ‌کش کربوکسیل تیرام دو در هزار ضدعفونی شدند.

پتری‌دیش‌های مورد استفاده که به قطر ۹ سانتی‌متر بودند با اتانول ۷۰ درصد ضدعفونی شده و درون آن از دو کاغذ صافی استریل شده به‌عنوان بستر کشت استفاده گردید. بعد از این کار با قرار دادن بذور در مجاورت هوای خشک رطوبت اولیه بذور به حالت طبیعی در آمده، درون هرپتری‌دیش ۲۰ عدد از بذور قرار داده و به سه میلی‌لیتر از محلول‌های شوری و دو میلی‌لیتر از محلول نانوذرات نقره سنتز شده از نیترات نقره ($AgNo_3$) از شرکت MERK محصول کشور آلمان به آن اضافه شد. سپس نمونه‌ها در دستگاه ژرمیناتور قرار داده شده و جهت جلوگیری از تبخیر، پتری‌دیش‌ها با پارافیلم مسدود شدند.

مراحل جوانه‌زنی در دستگاه ژرمیناتور در دمای ۲±۲٤ و ۲±۱٤ با پریود ۱٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با رطوبت ۷۰ درصد قرار گرفت. شمارش بذور جوانه‌زده هر دو روز یکبار بود. شمارش پس از طی بیست روز و توقف جوانه‌زنی که معیارش خروج ریشه‌چه از بذر به اندازه دو میلی‌متر بود (هاردیگری و ون وکتور[1]، ۲۰۰۰) متوقف شد. سپس پنج گیاهچه عادی انتخاب و طول و وزن هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری، سپس نمونه‌ها در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت قرار گرفته و در نهایت توزین و وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه محاسبه گردید. از روش کان و آنگر[2] (۱۹۹۸) برای محاسبه درصد جوانه‌زنی *(GP)* (رابطه ۱) و سرعت جوانه‌زنی *(S)* (رابطه ۲) استفاده شد.

$$GP = \frac{N_i}{N} \times 100$$

رابطه (۱)

که در آن؛

GP: درصد جوانه‌زنی

N: تعداد کل بذرها

Ni: بذر جوانه‌زده در روز آخر شمارش

$$S = \sum G / t$$

رابطه (۲)

که در آن؛

G: درصد جوانه‌زنی بذرها در زمان t

t: زمان کل جوانه‌زنی از زمان شروع آزمایش تا آخرین روز شمارش.

ساقه‌چه و ریشه‌چه با خط‌کش اندازه‌گیری شد و محاسبه شاخص بنیه (VI)[3] به روش عبدالباقی و آندرسون[4] (۱۹۷۳) صورت پذیرفت (رابطه ۳).

$$VI = (RK + SL) \times GP$$

رابطه (۳)

که در آن؛

RL: طول ریشه‌چه SL: طول ساقه‌چه

1- Hardegree and Van Vactor
2- Khan and Unger
3- Vigor index
4- Abdul-Baki and Anderson

در نهایت پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با کمک نـرم‌افـزار SAS، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون بر اساس LSD در سطح احتمال پنج درصد و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده گونه، تنش شوری و نـانوذرات نقـره و بـرهمکنش آن‌ها برای همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد ($P<$۰/۰۱) معنی‌دار بود. اثرات متقابل گونه × نانوذرات نقره برای صفت شاخص سرعت جوانه‌زنی در سطح ۵ درصد و برای صـفت طـول ریشه‌چه اثرات متقابل تنش شوری × نانوذرات نقره معنی‌دار نبود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نانوذرات بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گونه‌های *F. arundinaceae* و *F. ovina* تحت تنش شوری.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه گیاهچه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
گونه (A)	۱	۱۶۶۰۳/۱۹**	۶۱۶۰/۱۷**	۱۳۱۱/۶۵**	۲۹۳۶/۳۱**	۲/۹۱**	۸/۲۰**
تنش شوری (B)	۳	۴۵۵۵/۳۴**	۵۲۱/۰۹**	۱۲۵/۱۳**	۱۰۳۲/۵۳**	۳/۹۷**	۱/۶۶**
نانوذرات نقره (C)	۳	۴۴۶/۸۳**	۱۹/۸۹**	۴/۴۱**	۵۷/۶۳**	۰/۳۱**	۰/۰۷**
A×B	۳	۳۴۷۲/۷۶**	۱۲۴/۳۸**	۴۴/۶۸**	۱۰۰/۵۷**	۰/۱۲**	۰/۰۴**
A×C	۳	۳۳۲/۴۸**	۱۰/۶۸**	۲/۰۶*	۱۴/۴۵**	۰/۰۱^{ns}	۰/۴۰**
B×C	۹	۴۶۷/۰۱**	۲۴/۱۶**	۹/۳۴**	۴۱/۴۰**	۰/۲۳**	۰/۱۰**
A×B×C	۱۲	۲۷۹/۰۹**	۱۰/۹۸**	۴/۳۸**	۱۰/۹۳**	۰/۲۸**	۰/۰۸**
خطای آزمایش	۶۴	۱۸/۲۶	۲/۳۴	۰/۵۴	۰/۹۰	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۳۶	۱۱/۳۳	۱۲/۴۸	۳/۳۳	۶/۹۹	۳/۶۶

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ns عدم معنی‌داری را نشان می‌دهد.

درصد جوانه‌زنی: نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افـزایش غلظـت شـوری، درصـد جوانه‌زنی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت ولی این روند کاهشی در دو گونه متفاوت بود به‌طوری

که جوانه‌زنی در گونه *F. arundinaceae* از میزان ۹۲/۵ درصد در تیمار شاهد به ۷/۵ درصد در تیمار با غلظت ٤۰۰ میلی‌مولار رسید ولی در گونه *F. ovina* تفاوت چشمگیری نداشت (جدول ۲). تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل گونه، سطوح شوری و نانوذرات‌ها بر درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بالاترین درصد جوانه‌زنی در گونه *F. ovina* و در تیمار شاهد مشاهده شد و تیمار سطح شوری ٤۰۰ در گونه *F. arundinaceae* کمترین درصد جوانه‌زنی مشاهده شد. استفاده از تیمار نانوذرات نقره در شوری‌های پایین و بالا، موجب افزایش و یا کاهش چشمگیری در درصد جوانه‌زنی نشد ولی نانوذرات نقره ۳۰ پی‌پی‌ام در *F. arundinaceae* دارای عملکرد بهتری بود (جدول ۲).

جدول ۲- اثر تیمار غلظت‌های مختلف نانوذرات بر درصد جوانه‌زنی گونه‌های *F. arundinaceae* و *F. ovina* تحت تأثیر سطوح تنش شوری.

گونه	تیمار نانو ذرات نقره	سطوح شوری (میلی‌مولار بر لیتر)			
		۰	۱۰۰	۲۰۰	٤۰۰
F. arundinaceae	تیمار شاهد	۹۲/۵۰ ± ۲/۵ $^{b-e}$	۸۵/۰± ۵ $^{f-i}$	۳۵/۰± ۵ ^{m}	۷/۵ ± ۲/۵ ^{n}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۷۳/۷۵ ± ۱/۳ ^{j}	۸۵/۰± ۵ $^{f-i}$	۸۵/۰± ۵ $^{f-i}$	۳۵ ± ۱۰ ^{m}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۸۳/۳۳ ± ۵/۷ $^{g-j}$	۸۵/۰± ۵ $^{f-i}$	۸۰/۰± ۵ ^{ij}	٤۵ ± ۰ ^{l}
	۳۰ پی‌پی‌ام	۹۲/۵۰± ۲/۵ $^{b-e}$	۸۷/۵ ± ۲/۵ $^{e-h}$	۵۵/۰± ۰ ^{k}	۳٦/٦۷ ± ۵/۸ ^{m}
F. ovina	تیمار شاهد	۹٦/٦٦ ± ۵/۷۷ ^{abc}	۹۰/۰± ۵ $^{c-m}$	۸۵/۰± ۵ $^{f-i}$	۹۵ ± ۲/۵ $^{a-d}$
	۱۰ پی‌پی‌ام	۹۱/٦٦ ± ۲/۸ $^{b-f}$	۹۷/۵ ± ۲/۵ ^{ab}	۹۷/۵ ± ۲/۵ ^{ab}	۸۳/٦۵ ± ۲/۲ ^{hi}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۱۰۰ ±۰/۰ ^{a}	۸٦/٦۷ ± ۲/۸۸ $^{e-i}$	۹٦/٦٦ ± ۲/۸۸ ^{abc}	۸۸/۳۳ ± ۳/٤ $^{d-h}$
	۳۰ پی‌پی‌ام	۹۵/۰± ۵ $^{a-d}$	۹٦/٦۷ ± ۵/۷ ^{abc}	۸۸/۷۵ ± ۳/۷۵ $^{d-h}$	۹٦/٦۷ ± ۵/۸ ^{abc}

* حروف مختلف در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

سرعت جوانه‌زنی: همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد با افزایش غلظت شوری از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد. به‌طوری‌که این کاهش در شوری سطح ٤۰۰ میلی‌مولار نیز نسبت به شاهد مشاهده شد. میزان سرعت جوانه‌زنی در گونه *F.arundinaceae* دارای اندازه کمتری بوده که نشان از حساسیت معنی‌دار این‌گونه به تنش شوری است. در بذور تیمار شده با نانوذرات نقره در غلظت ۲۰ پی‌پی‌ام برای تمامی غلظت‌های شوری در گونه *F.arundinaceae* عملکرد بهتری مشاهده شد (جدول ۳).

جدول ۳- اثر تیمار غلظت‌های مختلف نانوذرات بر سرعت جوانه‌زنی گونه‌های *F. arundinaceae* و *F. ovina* تحت تأثیر سطوح تنش شوری.

گونه	تیمار نانو ذرات نقره	سطوح شوری (میلی‌مولار بر لیتر)			
		۰	۱۰۰	۲۰۰	٤۰۰
F. arundinaceae	تیمار شاهد	۱۰/۱۱ ± ۱/۷۱ ^{hij}	۷/۸۲ ± ۰/۰۷ ^{ijkl}	۲/٤۸ ± ۱/۰۸ ^{opq}	۰/۳۱ ± ۰/۲۷ ^{q}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۱۰/۲٤ ± ۰/۰٦ ^{ghi}	٦/۹۲ ± ۱/٦۳ ^{klm}	٤/۸۰ ± ۰/۵۷ ^{mno}	۲/۱۵ ± ۰/٦٤ ^{pq}
	۲۰ پی‌پی‌ام	٦/۰۷ ± ۰/۱۰ ^{mn}	۷/٦۷ ± ۰/۲۷ ^{jkl}	٦/٤۷ ± ۰/۰۸ ^{lmn}	۳/۲٤ ± ۰/۰٦ ^{op}
	۳۰ پی‌پی‌ام	٦/۹۳ ± ۲/۰٤ ^{klm}	۷/۰٤ ± ۰/۰۱ ^{klm}	٤/۰٤ ± ۰/۳۹ ^{op}	۱/٦۷ ± ۰/٤۸ ^{pq}
F. ovina	تیمار شاهد	۲۸/۵۱ ± ۵/۲۵ ^{ab}	۲۲/٦۱ ± ۰/۷٦ ^{de}	۲۷/۰± ۰/۳۰ ^{f}	۹/۱۲ ± ۱/۱۱ ^{hjkl}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۲۵/۰۳ ± ۳/۲۸ ^{cd}	۲۲/۳۸ ± ۱/۷۵ ^{e}	۲۸/۲۹ ± ۰/۸۲ ^{ab}	۱۲/٦۲ ± ۰/۵۲ ^{g}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۲۷/۳۱ ± ۱/۸٤ ^{abc}	۲۱/۵۰± ۰/۹٦ ^{e}	۲٦/٦٦ ± ۰/٤۲ ^{bc}	۱۵/۲۷ ± ۱/۸۸ ^{f}
	۳۰ پی‌پی‌ام	۲۹/۱۵ ± ۲/۲۸ ^{a}	۲۱/۷۱ ± ۰/۸۲ ^{e}	۲٦/۱۰ ± ۲/۱٤ ^{bc}	۱۱/۰٤ ± ۰/۲٦ ^{gh}

* حروف مختلف در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

شاخص سرعت جوانه‌زنی: شاخص سرعت جوانه‌زنی گونه‌ها در تیمارهای مختلف در جدول ٤ نشان داده شده است. افزایش غلظت شوری و سطوح نانوذرات نقره در گونه *F. arundinaceae* باعث کاهش شاخص سرعت جوانه‌زنی شد. در گونه *F. ovina* در سه غلظت شوری ۰، ۱۰۰ و ٤۰۰ دارای روند کاهشی ولی در غلظت شوری ۲۰۰ نانوپرایمینگ بذور باعث افزایش شاخص سرعت جوانه‌زنی شده است. در گونه *F. ovina* شاخص سرعت جوانه‌زنی بالاتری نسبت به گونه *F. arundinaceae* مشاهده شد. حداکثر شاخص سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد گونه *F. ovina* با میانگین ۱۵/۱۳ حاصل شد (جدول ٤).

جدول ٤- اثر تیمار غلظت‌های مختلف نانوذرات بر شاخص سرعت جوانه‌زنی گونه‌های *F. arundinaceae* و *F. ovina* تحت تأثیر سطوح تنش شوری.

گونه	تیمار نانو ذرات نقره	سطوح شوری (میلی‌مولار بر لیتر)			
		۰	۱۰۰	۲۰۰	٤۰۰
F. arundinaceae	تیمار شاهد	٤/۰۹ ± ۱/۰۹ fg	۳/۲٤ ± ۰/۰٦ ghij	۱/۰۱ ± ۰/٦٥ nop	۰/۱۲ ± ۰/۱۱ p
	۱۰ پی‌پی‌ام	٤ ± ۰/۱٦ g	۲/۷۷ ± ۱/۰۱ hijk	۲/۰۷ ± ۰/۰۲ jklmn	۱/۱٥ ± ۰/۱٦ mnop
	۲۰ پی‌پی‌ام	۲/۲۹ ± ۰/۱۰ ijklm	۲/۷ ± ۰/٥٤ hijk	۲/٥٤ ± ۰/۲٦ hijkl	۱/۳۸ ± ۰/۰۹ mno
	۳۰ پی‌پی‌ام	۲/۹۰ ± ۰/۷٤ ghij	۲/۷٦ ± ۰/۲۳ hijk	۱/٥۸ ± ۰/۱۸ klmno	۰/۷۷ ± ۰/۱۳ op
F. ovina	تیمار شاهد	۱٥/۱۳ ± ۱/۲۷ a	۱۰/۱٥ ± ۰/٤۲ d	٦/۳۳ ± ۰/۸۷ e	۳/٤٦ ± ۰/٥۸ ghi
	۱۰ پی‌پی‌ام	۱۱/۸٤ ± ۱/۷۲ c	۹/۸٦ ± ۱/۰٦ d	۱۳/۳۲ ± ۰/۲۸ b	٥/۲۹ ± ۱/۰۳ ef
	۲۰ پی‌پی‌ام	۱۲/۸٥ ± ۱/۰۱ bc	۹/۷۹ ± ۰/۸۳ d	۱۲/٤٦ ± ۰/۰٤ bc	٦/۰۳ ± ۱/۱٤ e
	۳۰ پی‌پی‌ام	۱۲/۰۳ ± ۰/۸٤ c	۹/۳۲ ± ۰/۸٤ d	۱۲/۲٥ ± ۰/۷٥ bc	۳/٥٤ ± ۰/٥٦ gh

* حروف مختلف در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ٥ درصد می‌باشد ($P<۰/۰٥$).

شاخص بنیه گیاهچه: نتیجه آزمون LSD نشان داد که شاخص بنیه گیاهچه گونه *F. ovina* با افزایش غلظت شوری کاهش یافت به‌طوری‌که در تیمار شاهد دارای حداکثر مقدار خود (٤۰/۳۳) و در غلظت ٤۰۰ (۲٥/٦۹) حداقل بود. گونه *F. arundinaceae* دارای مقادیر کمتری در سطوح مشابه با گونه *F. ovina* بود همچنین کاربرد نانوذرات نقره در سطح ۲۰ پی‌پی‌ام اختلاف معنی‌داری نسبت به دیگر سطوح ایجاد کرد (جدول ٥).

طول ریشه‌چه: در مورد طول ریشه‌چه نتایج نشان می‌دهد که اثر متقابل گونه و غلظت شوری و همچنین اثرات متقابل غلظت‌های مختلف شوری و نانوذرات نقره معنی‌دار بوده ولی برهمکنش نانوذرات نقره و گونه معنی‌دار نبود (جدول ۱). اثرات نانوذرات نقره در گونه *F. arundinaceae* در تیمار شاهد باعث افزایش طول ریشه از ۱/۷٦ تا ۲/۲۷ شد. با این وجود افزایش شوری باعث کاهش قابل توجه رشد طولی ریشه شد. در گونه *F. ovina* نانوذرات نقره در دو غلظت شوری شاهد و ۱۰۰ باعث کاهش رشد طولی ریشه و در غلظت‌های شوری ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌مولار افزایش رشد طولی ریشه مشاهده شد (جدول ٦).

جدول ۵- اثر تیمار غلظت‌های مختلف نانوذرات بر شاخص بنیه گیاهچه گونه‌های *F. arundinaceae* و *F. Ovina* تحت تأثیر سطوح تنش شوری.

گونه	تیمار نانو ذرات نقره	سطوح شوری (میلی‌مولار بر لیتر) ۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
F. arundinaceae	تیمار شاهد	۲۸/۷۲ ± ۱/۴۶ ^{ijk}	۳۰/۰۵ ± ۰/۸۴ ^{hi}	۱۳/۹۵ ± ۰/۰۶ ^{q}	۷/۴۸ ± ۰/۹۷ ^{s}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۲۶/۸۲ ± ۰/۷۸ ^{lmn}	۲۷/۷۸ ± ۰/۶۵ ^{klm}	۲۵/۷۴ ± ۰/۶۵ ^{n}	۱۱/۹۹ ± ۱/۸۶ ^{r}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۲۹/۴۰ ± ۰/۴۱ ^{hij}	۲۹/۸۲ ± ۰/۹۹ ^{hi}	۲۷/۸۲ ± ۰/۲۲ ^{klm}	۱۵/۵۵ ± ۰/۴۶ ^{p}
	۳۰ پی‌پی‌ام	۳۴/۲۰ ± ۰/۰۱ ^{g}	۲۸/۲۴ ± ۰/۵۹ ^{jkl}	۲۱/۲۵ ± ۰ ^{o}	۱۱/۰۸ ± ۰/۵۲ ^{r}
F. ovina	تیمار شاهد	۴۰/۳۳ ± ۱/۲۱ ^{a}	۳۵/۲۵ ± ۱/۵۸ ^{efg}	۳۰/۷۹ ± ۰/۷۷ ^{h}	۲۵/۶۹ ± ۰/۴۳ ^{n}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۳۶/۰۳ ± ۰/۹۶ ^{def}	۳۶/۱۸ ± ۰/۹۸ ^{def}	۳۷/۱۵ ± ۰/۸۰ ^{cd}	۲۶/۳۵ ± ۰/۲۴ ^{mn}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۳۸/۳۴ ± ۰/۹۲ ^{bc}	۳۵/۴۶ ± ۱/۳۲ ^{efg}	۳۴/۷۶ ± ۵۵ ^{fg}	۳۰/۷۲ ± ۰/۴۱ ^{h}
	۳۰ پی‌پی‌ام	۳۹/۳۶ ± ۰/۴۳ ^{ab}	۳۶/۵۲ ± ۲/۷ ^{de}	۳۵/۶۵ ± ۰/۴۸ ^{defg}	۲۷/۲۱ ± ۰/۴۴ ^{klmn}

* حروف مختلف در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

جدول ۶- اثر تیمار غلظت‌های مختلف نانوذرات بر طول ریشه‌چه گونه‌های *F. arundinaceae* و *F. ovina* تحت تأثیر سطوح تنش شوری.

گونه	تیمار نانو ذرات نقره	سطوح شوری (میلی‌مولار بر لیتر) ۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰
F. arundinaceae	تیمار شاهد	۱/۷۶ ± ۰/۰۹ ^{ijh}	۱/۸۵ ± ۰/۱۵ $^{h-k}$	۱/۱۵ ± ۰/۰۲ ^{op}	۱/۶۶ ± ۰/۰۶ ^{klm}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۱/۹۸ ± ۰/۰۴ $^{e-h}$	۱/۷۳ ± ۰/۰۳ $^{j-k}$	۱/۴۹ ± ۰/۰۲ ^{mn}	۱/۰۰± ۰/۰۰ ^{q}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۲/۱۴ ± ۰/۰۳ $^{c-f}$	۱/۸۸ ± ۰/۰۵ $^{g-j}$	۱/۹۴ ± ۰/۰۶ $^{f-i}$	۱/۱۴ ± ۰/۰۴ ^{op}
	۳۰ پی‌پی‌ام	۲/۲۷ ± ۰/۰۱ ^{cd}	۱/۷۲ ± ۰/۱۱ $^{j-k}$	۱/۷۰ ± ۰/۰۶ ^{lmn}	۱/۱۶ ± ۰/۰۶ ^{op}
F. ovina	تیمار شاهد	۲/۷۶ ± ۰/۰۱ ^{a}	۲/۱۳ ± ۰/۰۱ $^{c-f}$	۱/۷۹ ± ۰/۰۱ $^{h-k}$	۱/۳۴ ± ۰/۰۴ ^{no}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۲/۰۸ ± ۰/۱۸ $^{d-g}$	۲/۱۲ ± ۰/۲۰ $^{c-f}$	۲/۱۶ ± ۰/۲۱ ^{cde}	۰/۹۵ ± ۰/۲۳ ^{pq}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۲/۷۲ ± ۰/۳۶ ^{a}	۲/۱۹ ± ۰/۲۴ $^{c-e}$	۱/۷۲ ± ۰/۱۷ ^{jkl}	۱/۸۳ ± ۰/۰۱ $^{h-k}$
	۳۰ پی‌پی‌ام	۲/۴۹ ± ۰/۱۲ ^{b}	۱/۷۸ ± ۰/۱۷ $^{h-k}$	۲/۳۰ ±۰/۰۰ ^{bc}	۱/۴۵ ± ۰/۰۹ ^{n}

* حروف مختلف در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

طول ساقه‌چه: نتایج نشان می‌دهد که اثرات متقابل گونه، شوری و سطوح نانوذرات نقره بر شاخص طول ساقه‌چه در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). اثر سطوح مختلف شوری بر گونه *F. ovina* تأثیر کمتری بر رشد طولی ساقه نسبت به گونه *F. arundinaceae* داشت. نانوذرات نقره با غلظت ۲۰ پی‌پی‌ام دارای عملکرد خوبی بر رشد ساقه نسبت به غلظت‌های دیگر خود در گونه *F. arundinaceae* بود. حداکثر رشد طولی ساقه در غلظت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و نانوذرات نقره غلظت ۳۰ پی‌پی‌ام مشاهده شد (جدول ۷).

جدول ۷- اثر تیمار غلظت‌های مختلف نانوذرات بر طول ساقه‌چه گونه‌های تحت تأثیر سطوح تنش شوری.

گونه	تیمار نانو ذرات نقره	سطوح شوری (میلی‌مولار بر لیتر) ۰	۱۰۰	۲۰۰	٤۰۰
F. arundinaceae	تیمار شاهد	۲/٦۱ ± ۰/۱۷ ^{klmn}	۲/۸۱ ± ۰/۰۵ ^{ghig}	۲/۰۹ ± ۰/۲۱ ^{pq}	۲/٤۲ ± ۰/۱۱ ^{o}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۲/٦۰ ± ۰/۰۵ ^{klmn}	۲/۷۱ ± ۰/۰۱ ^{hijk}	۲/٥٦ ± ۰/۰٤ ^{lmno}	۲/۰٤ ± ۰/۰٤ ^{q}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۲/۷۳ ± ۰/۱۲ ^{hijk}	۲/۸۱ ± ۰/۱۵ ^{ghi}	۲/٦۲ ± ۰/۱٤ ^{klmn}	۲/۲٥ ± ۰/۰۵ ^{p}
	۳۰ پی‌پی‌ام	۲/۸۳ ± ۰/۱٤ ^{fghi}	۲/٦۷ ± ۰/۰۱ ^{hklm}	۲/٥۱ ± ۰/۰٤ ^{mno}	۱/۸۰ ± ۰/۰۷ ^{r}
F. ovina	تیمار شاهد	۳/۲۷ ± ۰/۰۷ ^{abcd}	۳/۲۰ ± ۰/۱۳ ^{bcd}	۲/۹۸ ± ۰/۰۹ ^{cf}	۲/٤۸ ± ۰/۱۱ ^{no}
	۱۰ پی‌پی‌ام	۳/۱۳ ± ۰/۱۳ ^{de}	۳/۱٤ ± ۰/۰٤ ^{cde}	۳/۲۳ ± ۰/۱۰ ^{bcd}	۲/۹۱ ± ۰/۰۳ ^{fg}
	۲۰ پی‌پی‌ام	۳/۱٥ ± ۰/۲۲ ^{cd}	۳/۳۰ ± ۰/۰۲ ^{abc}	۳/۱٤ ± ۰/۰۷ ^{cde}	۲/۸۷ ± ۰/۰۵ ^{fgh}
	۳۰ پی‌پی‌ام	۳/۳٤ ± ۰/۰۷ ^{ab}	۳/٤۱ ± ۰/۱۱ ^{a}	۳/۲۰ ± ۰/۰۲ ^{bcd}	۲/٦٥ ± ۰/۰۷ ^{jklmn}

* حروف مختلف در هر ستون بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد ($P<$۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری

از آن‌جایی که شوری یکی از مشکلات رو به افزایش جهان است و سطح وسیعی از اراضی کشور ما را نیز در بر می‌گیرد (انوری و همکاران، ۲۰۰۹)، بررسی و ابداع تکنیک‌های فیزیولوژیک برای افزایش پارامترهای کیفیت بذور از جمله جوانه‌زنی جهت تداوم بقا در انواع تنش‌ها به‌خصوص تنش شوری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی ضروری است. اثرات منفی شوری و کاهش رشد آن بر گراس‌های گندمی به دلایل فشار اسمزی، سمیت یون‌ها و به‌هم خوردن در تعادل غذایی گیاه

مشهود است (الشماری[1] و همکاران، ۲۰۰٤). مطالعات زیادی گزارش کردند که افزایش غلظت شوری باعث روند کاهشی سرعت جوانه‌زنی بذور می‌گردد (انوری و همکارن، ۲۰۰۹؛ دمیر کایا[2] و همکارن، ۲۰۰٦)، و همچنین شوری باعث تأخیر در روند جوانه‌زنی و طولانی شدن فرآیند جوانه‌زنی از طریق کاهش پتانسیل اسمزی، سمیت یونی و اختلال در جذب مواد غذایی می‌شود (دمیر کایا و همکارن، ۲۰۰٦). جوانه‌زنی مطلوب و رشد سریع گیاهچه باعث استقرار بهتر و کاهش رقابت با دیگر گیاهان می‌شود. افزایش سطوح شوری باعث کاهش جوانه‌زنی بذور و رشد اولیه گیاهچه در هر دو گونه شده، به‌طوری‌که گونه *F. ovina* نسبت به گونه *F. arundinaceae* آستانه تحمل بالاتری نسبت به اثرات منفی سطوح بالای غلظت شوری نمک NaCl از خود نشان داد. تیمارهای نانوذرات نقره باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد شدند که این روند در گونه *F. ovina* بسیار مشهود است که با یافته‌های اختیاری و مراقبی (۲۰۱۲) مبنی‌بر تأثیر تیمارهای نانوذرات نقره بر افزایش درصد جوانه‌زنی گیاه زیره نسبت به تیمار شاهد مطابقت دارد و عنوان نمودند تیمار نانو ذرات نقره ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به سایر تیمارها از عملکرد مناسب‌تری برخوردارربود و سبب افزایش مقاومت به شوری شد که با یافته‌های ما که غلظت ۲۰ پی‌پی‌ام نانوذرات نقره، باعث بهبود در مؤلفه‌های سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه و طول ساقه در مقایسه با تیمار شاهد شد مطابقت دارد. با وجود افزایش تدریجی سطوح شوری تأثیر تیمارهای نانوذرات نقره در غلظت‌های ۲۰ و ۳۰ پی‌پی‌ام نه تنها توقف جوانه‌زنی در شوری‌های بالا مشاهده نشد و این به‌این معنی است که نانوذرات نقره باعث افزایش طولی ریشه و ساقه در هر دو گونه و به‌خصوص گونه *F. ovina* شد با وجود این‌که اثرات مثبت کمتری برای گونه *F. arundinaceae* مشاهده شد. اثر این امر در افزایش قدرت رقابت و امکان استفاده مناسب‌تر گیاه از شرایط محیطی آب و نور برای فتوسنتز در شرایط شوری بهتر است. به‌طور کلی می‌توان اذعان داشت که کاربرد نانوذرات نقره در هر دو گونه مورد بررسی باعث افزایش عملکرد در مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه‌های حاصل از بذور شده که این توانایی شرایط آسان استقرار را برای بقاء مهیا می‌سازنند.

1- Alshammary
2- Demir Kaya

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات همکاران آزمایشگاه تنش‌های محیطی گیاهان زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

1.Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science, 13: 630-633.
2.Alleman, E., Gurny, R., and Doelker, E. 1993. Drug loaded nanoparticles preparation methods and drug targeting issues, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 39: 173-191.
3.Alshammary, S.F., Qian, Y.L., and Wallner, S.J. 2004. Growth response of four turf grass species to salinity. Journal of Agricultural Water Managementm, 66: 97–111.
4.Anvari, M., Mehdikhani, H., Shahriari, A.R., and Nouri, Gh.R. 2009. Effect of salinity stress on 7 species of range plants in germination stage. Iranian journal of Range and Desert Research, 16: 262-273.
5.Azarnivand, H., and Zare chahouki, M.A. 1998. Range Improvement. University of Tehran publications, Tehran. 354p.
6.Demir Kaya, M., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y., and Kolsarici, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and droght stress during germination in sunflower (Helianthusannuus L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295.
7.Ekhtiyari, R., and Moraghebi, F. 2012. The study of the effects of nano silver technology on salinity tolerance of cumin seed (*Cuminum cyminum* L.). Plant and Ecosystem, 7: 25 99-107.
8.Hardegree, S.P., and Van Vactor, S.S. 2000. Germination and emergence of primed grass seeds under field and simulated-field temperature regimes. Annals of Botany, 85: 379–390.
9.Karimi, H. 1996. Plants of Iran: scientific, English and Persian Names. Center for Academic Pub. Tehran. 772p.
10.Karimi, H., 2008. Range management. University of Tehran Publications, Tehran. 460p.
11.Khan, M., and Ungar, I.A. 1998. Germination of salt tolerant shrub *Suaeda fruticosa* from Pakistan: salinity and temperature responses. Seed Science and Technology, 26: 657-667.
12.Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F., Biris, A.S. 2009. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. ACS Nano, 3(10): 3221-3227.

13. Khot, L.R., Sankaran, S., Maja, J.M., Ehsani, R., and Schuster, E.W. 2012. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection. Crop Protection, 35: 64-70
14. Moghaddam, M.R. 1996. Range and Range Management, University of Tehran Publications, Tehran, 470p.
15. Pourmeidani, A., Naeini, M.R., Bagheri, H., and Karimi, G.H. 2011. Investigation on salinity tolerance of three rangeland grasses in greenhouse condition. Iranian journal of Range and Desert Research, 18: 58-70.