"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ٤، زمستان ١٤٠٠
(ص ١٨-١)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 4, Winter 2022
(pp: 1-18)
DOI: 10.22034/ijsst.2021.343353.1350
Research Article

اثر پرایمینگ با نانو و میکرو کلات منیزیوم بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) تحت تنش شوری

بیژن شادکام[1]، محمدحسین قرینه[2*]، امین لطفی جلال آبادی[3] و سید امیر موسوی[3]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشدگروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
۲. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵)

چکیده

تنش شوری یکی از اصلی‌ترین عوامل بازدارنده جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه می‌باشد. استفاده از عناصر غذایی در تیمار پرایمینگ به‌عنوان یک راهکار مؤثر در بهبود کارایی بذرها شناخته می‌شود. در این راستا آزمایشی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمار پرایمینگ با عنصر منیزیوم در دو مقیاس نانو و میکرو به‌صورت جداگانه در پنج غلظت صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، دو زمان اعمال تیمار پرایمینگ ۱۲ و ۲۴ ساعت و شش سطح تنش شوری با نمک سدیم کلرید (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی‌مولار)، انجام شد. نتایج نشان داد، افزایش تنش شوری تحمل بذرهای زوفا را کاهش داده و موجب کاهش خصوصیات جوانه‌زنی در این گیاه شد. پرایمینگ با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر میکرو کلات منیزیوم بیشترین درصد جوانه‌زنی(۸۹/۳ درصد)، متوسط زمان جوانه‌زنی(۵/۹ جوانه در روز در ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، بنیه بذر(۲۷/۲ در سطح صفر کود) و طول ریشه‌چه (۲۴ میلی‌متر) را ایجاد نمود. بیشترین سرعت جوانه‌زنی(۰/۴۶۱ جوانه در روز) و طول ساقه‌چه (۱۸ میلی‌متر) به‌ترتیب در در سطح صفر کود و در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار پرایمینگ با نانو کلات منیزیوم مشاهده شد. نتایج نشان داد پرایمینگ تغذیه‌ای با میکرو کلات منیزیم اثرات تنش شوری را بطور موثری کاهش داد و شرایط مطلوب‌تری برای بهبود جوانه‌زنی در مقایسه با نانوکلات منیزیم ایجاد نمود . بهینه‌ترین تیمار پرایمینگ با غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر میکروکلات منیزیم به مدت ۱۲ ساعت مشاهد گردید.

کلید واژه: بهبود کارایی بذر، پیش‌تیمار، نانو، قدرت بذر

Effect of priming with nano and micro chelate magnesium in germination characteristics of Hyssopus plants (*Hyssopus officinalis* L.) under salinity stress

B. Shadkam[1], M.H. Gharineh[2*], A. Lotfi Jalal-Abadi[3], S.A. Moosavi[3]

1. MSc. Graduated Student, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran.
(Received: Aug. 23, 2020 – Accepted: Jan. 04, 2021)

Abstract

Salinity is one of the main limiting factors for seed germination and seedling growth. The use of nutrients in priming treatment is known as an effective way to improve seed yield In this regard, a factorial experiment was conducted in the Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, based on randomize complete design with three replications. Priming treatment with nano and micro magnesium was performed at five concentrations zero, 50, 100, 200, 400 mg /litr, sepcratly. The durations of 12 and 24 hour were used for seed priming and salinity stress levels were zero, 50, 100, 150, 200, 250 mM made with sodium chloride. The results showed that increasing salinity stress declined hyssop seeds resistance and reduced the germination characteristics of this plant. Priming with 400 mg/litr magnesium microclate produced the highest germination percentage of 89.3%, average germination time of 5.9, seed vigor of 27.2 and root length of 24 mm. The highest germination rate (0.461 per day) and shoot length (18 mm) were observed in control and 400 mg/litr of nano-chelate, respectively. Results showed that nutrient seed priming with micochelate effectively alleviated salinity stress effects and improved seed germination properties compared to nanochelate magnesium. The optimum seed priming treatment obtained from 400 mg/litr micro chelate magnesium for 12 hours.

Keywords: Improve seed performance, Pretreatment, Nano, vigour.

* Email:hossain_gharineh@asnrukh.ac.ir

مقدمه

بذر مهمترین اندام تولید مثل جنسی گیاهان است که علاوه بر حفاظت ذخایر توارثی، حفظ و بقای نسل گونه‌های گیاهی در شرایط سخت زیست‌محیطی، در انتقال خصوصیات وراثتی، مکانیزم‌های پراکنش و استقرار گیاه نقش بسزایی دارد (Sarmadnia, 1996). جوانه‌زنی بذر به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین مرحله در چرخه زندگی گیاهان مد نظر می‌باشد. عوامل محیطی مختلفی به‌طور مستقیم جوانه‌زنی بذر و سبز شدن و پس از آن استقرار گیاهچه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، در این بین تنش های غیر زنده ازجمله تنش‌های کمبود آب، شوری و دما در سطح گسترده بر این فرآیند تاثیر گذارند (Tabrizi et al., 2004).

شوری به‌عنوان یکی از تنش‌های محیطی، تمام مراحل رشد از جوانه‌زنی رشد گیاه، و تولید دانه و میوه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مرحله‌ی جوانه‌زنی در بین مراحل مختلف نموی یک گیاه، معمولاً دارای حساسیت بیشتری بوده که هر نوع تنشی با هر شدتی می‌تواند در این مرحله روی فرآیند جوانه‌زنی تاثیر گذار باشد (Jahantigh et al., 2016). شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محیط رشد و سمیت یون‌های خاص باعث تأخیر در جوانه‌زنی، کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (Ashraf and Harris., 2004). براساس پژوهشی که تاثیر میزان تحمل تنش شوری برخصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه زوفا را مورد بررسی قرار داد، مشخص گردید همه‌ی شاخص‌های جوانه‌زنی با افزایش تنش شوری کاهش یافتن، بطوری که در شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر هیچ جوانه‌زنی دیده نشد (Khorshidi., 2020).

با توجه‌به اثرات سوء ناشی از تنش شوری بر فرآیند جوانه‌زنی، استفاده از روش‌هایی که بتواند مشکلات ناشی از این تنش را کاهش دهد می‌تواند در بهبود شاخصه‌های جوانه‌زنی بسیار کارآمد باشد. یکی از مؤثرترین روش‌های پیش‌تیمار بذر به‌روش پرایمینگ تغذیه‌ای می‌باشد که می‌تواند با کاهش H_2O_2 و رادیکال‌های سوپراکسید به کاهش استرس آنتی‌اکسیدانی کمک کرده و با افزایش فعالیت‌های مؤثر در جوانه‌زنی بذر مانند سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز، کاتالاز موجب کاهش اثرات سوء ناشی از تنش شده و موجب بهبود شرایط جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه شود (Siddiqi and Husen, 2017). منیزیم به‌دلیل نقش داشتن در فعالیت های آنزیمی و متابولیت های بذر و همینطور تثبیت ساختاری بافت‌ها یکی از با اهمیت ترین عناصر غذایی می‌باشدکه در جوانه‌زنی زود هنگام بذرها و افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش شوری بسیار پرکاربرد. استفاده از کودهایی همچون منیزیم می‌تواند با بهبود شرایط جوانه‌زنی از طریق مختلف ازجمله هیدرولیز نشاسته و تبدیل آن به قند (مالتوز) و تامین انرژی سلول‌های بذری در شرایط تنش کمک کند (Biazus et al., 2009). تأثیر مدت زمان پرایمینگ بر جوانه‌زنی در گونه های مختلف متفاوت است در پژوهشی اثر زمان پرایم بر بذر گیاه باریجه نشان داد، پرایمینگ از ۱۲ ساعت به ۲۴ ساعت سبب بهبود کلیه صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی بذر باریجه شده (Finnerty et al., 1992; Ahmadi et al., 2015).

گیاهان دارویی خانواده نعناعیان (Lamiaceae). به‌دلیل کاربردهای فرآوان در صنایع مختلف غذایی، آرایشی بهداشتی و دارویی روز به روز تقاضا برای کشت و کارشان در حال افزایش است.، گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.). یکی از مهم‌ترین گونه های گیاهی است که صدها سال به‌عنوان یک گیاه دارویی سالم و معطر مورد استفاده قرار گرفته است (Wolski et al., 2006). اسانس زوفا برای درمان ناراحتی های دستگاه تنفسی استفاده می‌شود. این گیاه دارای خواص قوی ضد قارچی و ضد باکتریایی بوده و همچنین در از بین بردن طیف وسیعی از ویروس‌ها و درمان بیماری ایدز نیز از ترکیبات آن استفاده می‌شود (Fathiazad et al., 2011; Zheljazkov et al., 2014).

با توجه به اینکه بخش زیادی از اراضی کشور دارای در جاتی از تنش شوری بوده و همچنین اهمیت یافتن مناسب‌ترین تیمار بهبود دهنده کارایی بذر برای افزایش شانس جوانه‌زنی و استقرار موفقیت آمیز گیاه زوفا در مزرعه، این آزمایش با هدف تعیین تأثیر پرایمینگ تغذیه‌ای با منیزیم بر مولفه های جوانه‌زنی بذر زوفا در شرایط بهینه و تنش شوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار ۲۵ بذری که عامل اول غلظت منیزیم در دو مقیاس نانو و میکرو کلات عنصر در پنج سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر)، عامل دوم شامل شش سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و عامل سوم شامل دو زمان پرایمینگ (۱۲ و ۲۴ ساعت) بود. برای هر مقیاس از کود منیزیم یک آزمایش جداگانه طراحی شد و در همه آزمایش ها بدلیل عدم جوانه‌زنی در سطح شوری ۲۵۰ میلی‌مولار این سطح از تنش شوری حذف شد. در ابتدای انجام آزمایش، بذرها قبل از پرایم با استفاده از الکل ۷۰ در صد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی سطحی شدند. سپس بذرها با آب مقطر استریل شده چند بار شسته شده و در سایه با استفاده از جریان هوا به حد رطوبت اولیه بذر رسانده شدند.

به‌منظور انجام پرایمینگ بذرها مقداری از بذر زوفا در ظروف شیشه‌ای قرار داده شد و بعد از افزودن ۱۵ میلی‌لیتر از محلول منیزیم به‌صورت جداگانه از هر یک از سطوح مختلف از منبع کود (نانو کلات منیزیم شش درصد) و (میکروکلات منیزیم هفت درصد) در دو زمان (۱۲ و ۲۴ ساعت) اعمال شد و در طول زمان پرایم برای اکسیژن رسانی به بذرها غوطه‌ور از پمپ آکواریوم استفاده شد (Stawomir et al., 2008). پس از آن بذر ها از محلول منیزیم خارج گردید و برای رسیدن به تعادل رطوبتی در دمای محیط آزمایشگاه (۲۵°C). قرار داده شد. سپس به‌منظور انجام آزمایش جوانه‌زنی تعداد ۲۵ عدد بذر سالم پرایم شده و شاهد (هیدروپرایم) در بستر دو لایه کاغذ واتمن ۴۰ در هر پتری‌دیش قرار داده شده و به هر پتری جهت ایجاد تنش شوری به میزان پنج میلی‌لیتر محلول شوری (NaCl). و در تیمار شاهد به همان میزان (آب مقطر) اضافه شد. سپس برای جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و دوره فتوپریودی ۱۶ ساعت روشنایی، هشت ساعت تاریک براساس دستورالعمل ایستا به ژرمیناتور منتقل شدند (ISTA, 2017). ظروف پتری در ساعت مشخص بازدید و شمارش بذور جوانه‌زده به‌منظور اندازه‌گیری صفات جوانه‌زنی به‌صورت روزانه تا ۱۴ روز پس از کاشت، انجام شد (ISTA, 2017).

صفات مورد مطالعه در این بخش با استفاده از معادلات زیرمحاسبه گردید:

رابطه (۱) (Ikic et al., 2012)

$$\text{درصد جوانه‌زنی (GP)} = \frac{\text{جوانه‌زنی نهایی}}{\text{تعداد بذور کشت شده}} \times ۱۰۰$$

در این رابطه‌هاN_i: تعداد بذرهای سبز کرده در طی d روز، D_i: تعداد روزها از ابتدای سبز کردن، N: تعداد کل بذرها، T_i: تعداد روزها پس از آزمایش.

رابطه (۲) (Verma et al., 2005)

$$GR = \Sigma \frac{N_i}{T_i}$$

رابطه (۳) (Ellis and Roberts, 1981)

$$MGT = \frac{\Sigma N_i D_i}{N}$$

رابطه (۴) (Abdul-Baki and Anderson., 1973)

$$\text{شاخص بنیه(I)} = \frac{\text{میانگین طول گیاهچه}(cm) \times \text{جوانه‌زنی استاندارد}(\%)}{۱۰۰}$$

برای اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه از

نمونه‌های آزمایشی، از هر کدام از ظروف پتری ۱۰ عدد گیاه‌چه نرمال انتخاب و طول ساقه‌چه و طول ساقه‌چه آن‌ها با کولیس اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از نرمال سازی با استفاده از نرم‌افزار Minitab 18 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام گرفت. برای برش‌دهی داد ها و مقایسه با شا هد از نرم‌افزار SAS 9.4 و آزمون LSD استفاده و برای رسم شکل‌ها، نرم‌افزار Excel به‌کار برده شد.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار پرایمینگ تغذیه‌ای با نانو کلات منیزیم، تنش شوری و زمان پرایمینگ نشان داد که اثرات سه‌گانه عوامل ذکر شده در سطح احتمال یک در صد بر در صد جوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، بیشترین درصد جوانه‌زنی در سطح ۵۰ میلی‌مولار و صفر شوری به میزان ۸۶/۶ در صد در هر دو زمان پرایمینگ (۱۲و۲۴ ساعت) مشاهده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نانو و میکرو کلات منیزیم و شوری در زمان پرایمینگ بر برخی صفات جوانه‌زنی

Table 1- Analysis of variance Effect of Magnesium Nano and Micro Chelated and Salinity on Priming Time on Some Germination Traits

		میانگین مربعات MS					
		نانو کلات منیزیم Nano Chelated Magnesium			میکرو کلات منیزیم Micro Chelated Magnesium		
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنی Average germination time	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	متوسط زمان جوانه‌زنی Average germination time
پرایمینگ Priming (P)	4	1521.9**	16.9**	0.427^{ns}	443.4**	0.005*	1.8**
شوری Salinity (S)	4	36618.1**	0.787**	89.4**	36143.1**	0.724**	83.2**
زمان Time (T)	1	1201.7**	0.010**	7.4**	10.7^{ns}	8.17^{ns}	1.9*
P×S	16	307.9**	0.005**	1.3**	233.4**	0.002^{ns}	2.1**
P×T	4	822.2**	0.012**	0.725^{ns}	63.4^{ns}	0.003^{ns}	0.744^{ns}
S×T	4	603.6**	0.013**	0.569^{ns}	160.3*	0.003^{ns}	1.2*
P×S×T	16	263.9**	0.0014**	1.2**	119.9*	0.002^{ns}	1.4**
خطا Error	100	88.741	0.001	0.387	56.356	0.002	0.546
ضریب تغییرات CV (%)	-	20.2	14.1	20.5	13.5	14.6	21.2

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

Respectively, are no significant and significant at probability level 5% and 1% ** and *ns,

همچنین مشاهده گردید پرایمینگ در سطوح ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم درلیتر نانو کلات منیزیم توانست در تنش ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار تحمل بذرهای زوفا را در برابر تنش شوری افزایش دهد بطور مثال نانو کلات منیزیم در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر درصد جوانه‌زنی را به میزان ۷۴/۶ درصد حفظ کرد؛ اما با افزایش تنش از ۱۰۰ میلی‌مولار تحمل بذرها کاهش یافت و درصد جوانه‌زنی با روندی کاهشی مواجه شد، بطوری‌که کمترین درصد جوانه‌زنی به‌میزان صفر درصد در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار دیده شد. علت منفی بودن تاثیرات پرایمینگ در سطوح بالای کود می‌تواند به‌دلیل وجود حجم بالای عنصر منیزیم بوده که باعث ایجاد سمیت و موجب کاهش در صد جوانه‌زنی در این گیاه شده

است. نتایج نشان داد پرایمینگ با نانو کلات منیزیم به‌مدت ۱۲ساعت اثر قابل‌توجهی بر روی کنترل تنش‌شوری نداشت بطوری که مشاهده گردید در تمام سطوح شوری تیمار هیدروپرایمینگ (شاهد) بیشترین میزان در صد جوانه‌زنی را داشته؛ اما با افزایش مدت زمان پرایمینگ به ۲۴ ساعت غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم درلیتر نانو کلات کود منیزیم نسبت سایر سطوح کودی درصد جوانه‌زنی را درتمام سطوح تنش به بیشترین میزان حفظ نمود (جدول ۲).

جدول ۲- برش‌دهی مقایسه میانگین نانوکلات و میکروکلات منیزیم در شوری و زمان پرایمینگ بر درصد جوانه‌زنی

Table 2- Slice Mean comparison of nano-chelated and micro-chelated Magnesium in salinity and priming time on Percentage of germination

زمان (ساعت) Time (hours)	نانو کلات منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر) Nano Chelated Magnesium(mg/L)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)				
		0	50	100	150	200
12	0	$^{A}86.6^{a}$	$^{A-C}81.3^{ab}$	$^{D-F}65.3^{ab}$	$^{G-I}46.6^{b}$	$^{M}4.1^{b}$
	50	$^{D-F}64.3^{c}$	$^{C-F}69.3^{bc}$	$^{E-G}57.3^{b}$	$^{KL}21.3^{cd}$	$^{M}0^{b}$
	100	$^{B-F}70.6^{bc}$	$^{A-D}74.6^{a-c}$	$^{C-F}69.3^{ab}$	$^{KL}25.3^{cd}$	$^{M}0^{b}$
	200	$^{A-E}72.5^{a-c}$	$^{D-F}64^{c}$	$^{D-F}65.3^{ab}$	$^{KL}20.1^{cd}$	$^{M}0^{b}$
	400	$^{B-F}70.6^{bc}$	$^{C-F}69.3^{bc}$	$^{E-G}57.3^{b}$	$^{JK}29.3^{c}$	$^{M}0^{b}$
24	0	$^{A}86.6^{a}$	$^{A}86.6^{a}$	$^{C-F}68.2^{ab}$	$^{KL}21.3^{cd}$	$^{M}0^{b}$
	50	$^{AB}85.3^{ab}$	$^{A-C}81.3^{ab}$	$^{H-J}41.3^{cd}$	$^{LM}12.2^{d}$	$^{M}0^{b}$
	100	$^{A-C}81.3^{ab}$	$^{AB}85.3^{a}$	$^{A-D}74.6^{a}$	$^{A-E}72.5^{a}$	$^{I-K}34.6^{a}$
	200	$^{A-D}78.6^{a-c}$	$^{A-D}76^{a-c}$	$^{JK}29.3^{d}$	$^{LM}12.1^{d}$	$^{M}0^{b}$
	400	$^{A-C}81.3^{ab}$	$^{A-C}81.3^{ab}$	$^{F-H}56.4^{bc}$	$^{F-H}56.6^{b}$	$^{M}0^{b}$
زمان (ساعت) Time (hours)	میکرو کلات منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر) Micro Chelated Magnesium (mg/L)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)				
		0	50	100	150	200
12	0	$^{AB}86.7^{a}$	$^{A-E}81.3^{a-c}$	$^{H-M}65.3^{cd}$	$^{N}46.7^{b}$	$^{QR}4.1^{cd}$
	50	$^{A-C}85.3^{a}$	$^{A-D}84.1^{a-c}$	$^{A-D}84.1^{a}$	$^{L-N}56.1^{ab}$	$^{PQ}14.7^{bc}$
	100	$^{B-H}76.1^{a}$	$^{A-G}78.7^{a-c}$	$^{A-F}80.1^{ab}$	$^{I-M}62.7^{a}$	$^{QR}8.1^{cd}$
	200	$^{A-G}78.7^{a}$	$^{A-G}78.7^{a-c}$	$^{I-M}62.7^{d}$	$^{N}48.1^{b}$	$^{P-R}12.1^{b-d}$
	400	$^{AB}86.7^{a}$	$^{A}89.3^{a}$	$^{E-K}69.3^{b-d}$	$^{J-M}61.3^{a}$	$^{OP}21.3^{a}$
24	0	$^{AB}86.7^{a}$	$^{AB}86.7^{ab}$	$^{F-L}68.1^{b-d}$	$^{OP}21.3^{c}$	$^{R}1.3^{d}$
	50	$^{A-D}82.7^{a}$	$^{B-I}74.7^{cd}$	$^{A-F}80.1^{ab}$	$^{H-M}65.3^{a}$	$^{OP}22.7^{ab}$
	100	$^{A-F}80.1^{a}$	$^{A-H}77.3^{a-c}$	$^{G-M}66.7^{cd}$	$^{K-N}58.7^{ab}$	$^{OP}22.7^{ab}$
	200	$^{B-G}6.1^{a}$	$^{D-J}72.1^{c}$	$^{F-L}61.8^{b-d}$	$^{J-M}61.3^{a}$	$^{OP}22.7^{ab}$
	400	$^{B-H}76.1^{a}$	$^{C-J}73.3^{c}$	$^{A-H}77.3^{a-c}$	$^{MN}54.7^{ab}$	$^{O}30.7^{a}$

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد. حروف سمت چپ (حروف بزرگ) مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه و حروف سمت راست (حروف کوچک) مربوط به برش‌دهی اثر غلظت کود × زمان در هر سطح از شوری می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test. The letters on the left (capital letters) are related to the comparison of the mean of the triple interactions and the right letters (lowercase letters) related to the Slice effect of the concentration of fertilizer × time on each level of salinity.

این نتایج نشان دهنده آن است که ۱۲ ساعت زمان پرایم برای انجام جذب بهینه آب مورد نیاز برای شروع فرآیند جوانه‌زنی کافی نبوده و مدت زمان ۲۴ ساعت پرایمینگ موجب تکمیل مراحل جذب آب و جوانه‌زنی بذر در این گیاه شده است (Ahmadi, et al., 2015). نتایج احمدی و همکاران (Ahmadi, et al., 2015). نشان داد که کلیه صفات جوانه‌زنی زمانی که تحت تیمار غلظت پایین پرایمینگ عنصر منیزیم (۰/۰۵ درصد) قرار گرفت به بالاترین حد خود رسید و با افزایش غلظت محلول پرایمینگ تغذیه‌ای میانگین تمامی صفات مورد بررسی کاهش یافت. نتایج پژوهشی بر بذر ذرت نشان داد استفاده از منیزیم بعنوان یک عنصر غذایی پرمصرف در پرایمینگ بذرها نقش بسیار مهمی در فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی داشته و همچنین مشخص گردید با افزایش سطوح کودی درصد جوانه‌زنی نیز افزایش یافت (Shinde et al., 2020).

همچنین نتایج، حاکی از معنی‌داری اثر سه‌گانه کلات منیزیم و شوری و زمان در سطح احتمال خطای یک درصد بر درصد جوانه‌زنی بود (جدول ۱) برش‌دهی اثر متقابل سه‌گانه (جدول ۲) نشان داد درصد جوانه‌زنی تحت تیمار سطوح مختلف کود کلات منیزیم در شرایط تنش شوری کاهش یافت. این روند برای سطح صفر کلات منیزیم (هیدروپرایم) با سرعت بیش‌تر و به‌صورت یکنواخت‌تری کاهش یافت، اما سایر غلظت‌های پرایمینگ توانستند درصد جوانه‌زنی را تا حدودی ثابت نگه دارند. بیشترین درصد جوانه‌زنی در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر این کود در سطح ۵۰ میلی‌مولار شوری به میزان ۸۹/۳ درصد مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر غلظت‌های این کود در سطح صفر شوری نداشت. درکل با افزایش شوری پرایم بذر با کلات منیزیم توانست درصد جوانه‌زنی را نسبت به هیدروپرایم با سرعت کم‌تری کاهش دهد. این تغییرات زمانی قابل توجه‌تر بود که مدت زمان پرایم از ۱۲ ساعت به ۲۴ ساعت رسید، به‌گونه‌ای که در سطح صفر و ۵۰ میلی‌مولار شوری، بیشترین درصد جوانه‌زنی در هیدروپرایم مشاهده گردید ولی با افزایش سطح شوری طبق نتایج، این میزان جای خود را به سایر غلظت های کلات منیزیم داد. به همین دلیل پرایمینگ تغذیه‌ای می‌تواند درصد جوانه‌زنی را در شرایط تنش شوری تا حدودی حفظ کند، این نتیجه بیانگر قابل توجیه بودن اثر پرایمینگ در سطح تنش است. کاهش شدید درصد سبز شدن بذرها همراه با افزایش غلظت نمک بر روی فلفل گزارش شده است (Guan et al., 2009). به‌نظر می‌رسد میکروکلات منیزیم در تنش شوری ایجاد شده در مقایسه با نانو کلات منیزیم درصد جوانه‌زنی گیاه زوفا را بیشتر تحت تاثیر قرار داد و موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی از جمله درصد جوانه‌زنی شده است، این امر می‌تواند به‌دلیل مقیاس کوچک نانوکودها و سرعت انتقال یون های منیزیم در بذر بوده که موجب ایجاد سمیت و کاهش عملکرد نانو کود در تنش شوری باشد. یکی از مشکلات فیزیولوژیکی که طی جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری رخ می‌دهد، کاهش جذب آب توسط بذر و تغییرات متابولیکی بوده که موجب افزایش یا کاهش فعالیت برخی آنزیم‌ها و اختلال در انتقال مواد غذایی معدنی به بافت‌های در حال توسعه شده که این امر موجب کاهش جوانه‌زنی می‌شود (Ashraf and Foolad., 2005). منیزیم می‌تواند با بهبود شرایط جوانه‌زنی از طریق مختلف ازجمله هیدرولیز نشاسته و تبدیل آن به قند (مالتوز) و تامین انرژی سلول‌های بذری و همچنین کاهش رادیکال های آزاد در شرایط تنش کمک کند (Biazus et al., 2009).

سرعت جوانه‌زنی

اثرات متقابل سه‌گانه نانو کود منیزیم در شوری و زمان در سطح احتمال خطای یک درصد بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین بیانگر بیشترین سرعت جوانه‌زنی به میزان ۰/۴۶۱ در تیمار سطح صفر کود (شاهد) در شوری صفر میلی‌مولار در ۱۲ ساعت پرایمینگ ایجاد شد، که با افزایش تنش تا ۱۵۰ میلی‌مولار

سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد کاهش یافت اما پرایمینگ با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث بهبود شرایط تحمل تنش در بذرهای زوفا شدند. کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی نیز در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، تحت اکثر تیمارهای پرایمینگ با میکرو کلات منیزیم مشاهده شد (جدول ۳). احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2015). اثر غلظت مثبت محلول‌های پرایمینگ تغذیه‌ای بر سرعت جوانه‌زنی را در غلظت‌های پایین کود سولفات منیزیم گزارش کرد. بنیانیتیپونگ و همکاران (Boonyanitipong et al., 2011). نتایج تحقیق خود را چنین گزارش داد که پیش‌تیمار نانو ذرات روی اثر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی نشان داد. علت کاهش سرعت جوانه‌زنی با افزایش تنش شوری می‌تواند به‌دلیل افزایش گونه‌های فعال اکسیژن تولیدی در شرایط تنش شوری باشد که باعث تخریب پروتئین‌های بذر و همچنین کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی مرتبط با جوانه‌زنی باشد (Caruso et al., 2009).

جدول ۳- برش‌دهی مقایسه میانگین نانوکلات منیزیم در شوری و زمان پرایمینگ بر سرعت جوانه‌زنی (روز)

Table 3- Slice mean comparison of nano-chelated magnesium in salinity and priming time on germination rate (day)

زمان (ساعت) Time (hours)	نانو کلات منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر) Nano Chelated Magnesium (mg/L)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM) 0	50	100	150	200
12	0	$^{A}0.461a$	$^{D-I}0.333^{b-e}$	$^{G-K}0.307^{a}$	$^{J-N}0.271^{a}$	$^{QR}0.133^{b}$
	50	$^{AB}0.445a$	$^{D-H}0.347^{b-e}$	$^{H-L}0.297^{a}$	$^{N-P}0.212^{a-c}$	$^{S}0^{c}$
	100	$^{AB}0.440a$	$^{B-D}0.385^{ab}$	$^{G-K}0.312^{a}$	$^{L-P}0.242^{a-c}$	$^{S}0^{c}$
	200	$^{AB}0.443a$	$^{A-C}0.414^{a}$	$^{E-K}0.322^{a}$	$^{K-O}0.265^{ab}$	$^{S}0^{c}$
	400	$^{D-G}0.352cd$	$^{D-J}0.329^{b-e}$	$^{J-N}0.272^{ab}$	$^{OP}0.201^{bc}$	$^{S}0^{c}$
24	0	$^{A}0.454a$	$^{C-F}0.377^{a-c}$	$^{H-L}0.301^{a}$	$^{PQ}0.184^{c}$	$^{R}0^{b}$
	50	$^{C-F}0.375bc$	$^{G-K}0.306^{de}$	$^{I-M}0.275^{ab}$	$^{P}0.197^{c}$	$^{S}0^{c}$
	100	$^{A-C}0.415ab$	$^{C-G}0.366^{a-d}$	$^{H-L}0.301^{a}$	$^{K-O}0.268^{ab}$	$^{M-P}0.223^{a}$
	200	$^{C-E}0.379bc$	$^{F-K}0.317^{c-e}$	$^{M-P}0.225^{b}$	$^{PQ}0.185^{c}$	$^{S}0^{c}$
	400	$^{H-L}0.293d$	$^{H-L}0.293^{e}$	$^{M-P}0.225^{b}$	$^{M-P}0.225^{a-c}$	$^{S}0^{c}$

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد. حروف سمت چپ (حروف بزرگ) مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه و حروف سمت راست (حروف کوچک) مربوط به برش‌دهی اثر غلظت کود × زمان در هر سطح از شوری می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test. The letters on the left (capital letters) are related to the comparison of the mean of the triple interactions and the right letters (lowercase letters) related to the Slice effect of the concentration of fertilizer × time on each level of salinity.

متوسط زمان جوانه‌زنی

اثر تیمارهای مختلف نانو کلات منیزیم در سطوح مختلف شوری در طول زمان پرایمینگ بر متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج برش‌دهی اثر سه‌گانه نشان داد (جدول ۴)، کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی به‌میزان صفر روز در تمام سطوح نانو کلات منیزیم در دو زمان ۱۲ و۲۴ ساعت پرایمینگ در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار مشاهده شد. کاهش شدید این صفت به‌دلیل وجود سطوح شوری بالا بوده که این امر باعث ایجاد تجمع یون‌های سمی در بذر زوفا شده

و افزایش مدت زمان جوانه‌زنی را موجب شده است. مطلوب ترین پرایمینگ که در سطوح تنش ۱۵۰ میلی‌مولار متوسط زمان جوانه‌زنی را کاهش داد، پرایمینگ با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در این کود مشاهده گردید. دلیل این امر وجود سطح بالای تنش بوده که باعث تولید گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش نشت یونی بوده که موجب افزایش مدت زمان جوانه‌زنی گردیده است، پرایمینگ، متوسط زمان جوانه‌زنی را با فعال نمودن آنزیم‌های دخیل در جوانه‌زنی ازجمله کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و کربونیک آنیدراز که معمولا نقش مهمی در کاهش رادیکال های آزاد دارند کاهش داده است (Mittler., 2002) (جدول ۴).

جدول ۴- برش‌دهی مقایسه میانگین نانو کلات منیزیم در شوری و زمان پرایمینگ بر متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)

Table 4- Slice mean comparison of nano-chelated magnesium in salinity and priming time on Average germination time (day)

زمان (ساعت) Time (hours)	نانو کلات منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر) Nano Chelated Magnesium (mg/l)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)				
		0	50	100	150	200
12	0	M-O 2.2 b	F-O 3.1 ab	F-K 3.3 b	F-I 3.3 d	D-H 3.7 b
	50	M-O 2.3 b	G-O 2.9 ab	F-I 3.4 b	BC 4.7 bc	Q 0.0 c
	100	M-O 2.3 b	I-O 2.6 ab	F-K 3.2 b	C-E 4.3 cd	Q 0.0 c
	200	L-O 2.3 b	J-O 2.4 b	F-M 3.1 b	D-F 3.8 d	Q 0.0 c
	400	H-O 2.9 ab	F-N 3.1 ab	D-H 3.7 ab	ABC 5.1 a-c	Q 0.0 c
24	0	N- O 2.2 b	I-O 2.6 ab	F-I 3.3 b	A 5.7 a	Q 0.0 c
	50	I-O 2.7 ab	F-J 3.3 ab	D-H 3.6 ab	AB 5.1 a-c	Q 0.0 c
	100	K-O 2.4 b	I-O 2.7 ab	F-I 3.3 b	D-H 3.7 d	CD 4.5 a
	200	I-O 2.6 ab	F-L 3.2 ab	CD 4.5 a	AB 5.4 ab	Q 0.0 c
	400	E-I 3.4 a	E-I 3.4 a	CD 4.4 a	CD 4.4 cd	Q 0.0 c

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد. حروف سمت چپ (حروف بزرگ) مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه و حروف سمت راست (حروف کوچک) مربوط به برش‌دهی اثر غلظت کود × زمان در هر سطح از شوری می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test. The letters on the left (capital letters) are related to the comparison of the mean of the triple interactions and the right letters (lowercase letters) related to the Slice effect of the concentration of fertilizer × time on each level of salinity.

مددی و همکاران (Madadi et al., 2014). چنین بیان نمودند که متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای سیاه دانه تحت تأثیر تنش شوری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. آن‌ها به‌طورکلی گزارش نمودند که پرایمینگ بذر با نانو اکسید روی و نیترات کلسیم به‌صورت توام، به‌طور قابل ملاحظه‌ای سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی را کاهش داد.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، برهم‌کنش سه‌گانه میکرو کلات منیزیم و شوری در زمان، بر صفت متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات منیزیم در مدت زمان ۲۴ پرایمینگ به میزان ۵/۹ جوانه در روز در سطح ۲۰۰ میلی‌مولار شوری مشاهده شد.

نتایج (جدول ۵) مقایسه میانگین نشان داد که پرایمینگ با کود کلات منیزیم توانسته در هر دو مقیاس نانو و میکرو مؤثر واقع شود و بیشترین متوسط زمان

جوانه‌زنی را از ۱۵۰ میلی‌مولار شـــوری به ۲۰۰ میلی‌مولار ارتقاء دهد، یعنی کلات منیزیم توانســـته آســـتانه تحمل شوری را در بذر زوفا بر سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی، ســـطوح بالاتر شـــوری افزایش دهد. فاروق و همکاران (Farooq et al., 2011). در پژوهشـی دریافتند پرایمینگ بذرهای برنج در ســـطوح پایین عنصـــر بُر متوســـط زمان جوانه‌زنی به میزان ۵۰ درصد کاهش داد.

جدول ۵- برش‌دهی مقایسه میانگین میکرو کلات منیزیم در شوری و زمان پرایمینگ بر متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)

Table 5- Slice mean comparison of micro-chelated magnesium in salinity and priming time on Average germination time (day)

زمان (ساعت) Time (hours)	میکرو کلات منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر) Micro Chelated Magnesium (mg/l)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM) 0	50	100	150	200
12	0	$^{ST}2.2^{a}$	$^{L-S}3.1^{a}$	$^{K-R}3.3^{a}$	$^{G-M}3.7^{c}$	$^{F-L}3.9^{c}$
	50	$^{Q-T}2.2^{a}$	$^{N-T}2.5^{a}$	$^{L-S}3.1^{a}$	$^{F-L}3.9^{bc}$	$^{B-G}4.7^{b}$
	100	$^{P-S}2.4^{a}$	$^{L-S}3.1^{a}$	$^{K-Q}3.3^{a}$	$^{B-H}4.7^{a-c}$	$^{A-F}4.8^{b}$
	200	$^{N-T}2.5^{a}$	$^{M-T}2.6^{a}$	$^{L-P}3.4^{a}$	$^{E-K}4.2^{bc}$	$^{A-E}5.1^{ab}$
	400	$^{N-T}2.5^{a}$	$^{L-T}2.9^{a}$	$^{G-M}3.7^{a}$	$^{C-I}4.6^{bc}$	$^{A-F}5.1^{ab}$
24	0	$^{R-T}2.2^{a}$	$^{M-T}2.6^{a}$	$^{L-Q}3.3^{a}$	$^{AB}5.7^{a}$	$^{AB}5.7^{a}$
	50	$^{R-T}2.2^{a}$	$^{M-T}2.6^{a}$	$^{L-P}3.4^{a}$	$^{A-F}4.8^{ab}$	$^{A-C}5.6^{ab}$
	100	$^{P-T}2.4^{a}$	$^{M-T}2.7^{a}$	$^{H-N}3.6^{a}$	$^{B-G}4.7^{a-c}$	$^{A-C}5.6^{ab}$
	200	$^{Q-T}2.3^{a}$	$^{0-T}2.4^{a}$	$^{I-O}3.5^{a}$	$^{D-J}4.5^{b-c}$	$^{A-D}5.6^{ab}$
	400	$^{0-T}2.5^{a}$	$^{N-T}2.5^{a}$	$^{L-P}3.5^{a}$	$^{B-G}4.7^{a-c}$	$^{A}5.9^{a}$

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد. حروف سمت چپ (حروف بزرگ) مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه و حروف سمت راست (حروف کوچک) مربوط به برش‌دهی اثر غلظت کود × زمان در هر سطح از شوری می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test. The letters on the left (capital letters) are related to the comparison of the mean of the triple interactions and the right letters (lowercase letters) related to the Slice effect of the concentration of fertilizer × time on each level of salinity.

بنیه بذر

نتایج برهم‌کنش اثرات دو گانه شـــوری در زمان در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل نانوکلات منیزیم در زمان و متقابل کود ذکر شده در شوری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد(جدول ۶).

نتایج حاصل از (شکل ۱) نشان داد، بیشترین میزان بنیه بذر در اثر متقابل نانو کلات منیزیم در زمان پرایم به میزان ۷/۴ در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر آن کود در ۲۴ ساعت پرایمینگ دیده شد. در اثر متقابل شوری در زمان بیشترین ویگور بذر در سطح صفر شوری و پرایم به مدت ۲۴ ساعت به میزان ۱۷/۱ ایجاد شد. با افزایش شوری به ۱۰۰ میلی‌مولار، مدت زمان ۱۲ ساعت اثر مثبت بیشترین نسبت به ۲۴ ساعت پرایم نشـان داد، بین مدت زمان ۱۲ و ۲۴ ســاعت پرایمینگ در عدم تنش اختلاف معنی‌داری مشـــاهده نگردید، تنها در دو ســطح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری مشـاهده شـد. ســطح ۵۰ میلی‌مولار شـوری با ۲۴ ســاعت پرایمینگ بیشـــترین ویگور را داشـــت ولی از ســـطوح شـــوری ۱۰۰ میلی‌مولار به بعد این مدت زمان ۱۲ ســاعت بود که بر میزان ویـگـور مـؤثـر بـود و ایـن شـــاخـص را افـزایـش داد هرچند این میزان به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱).

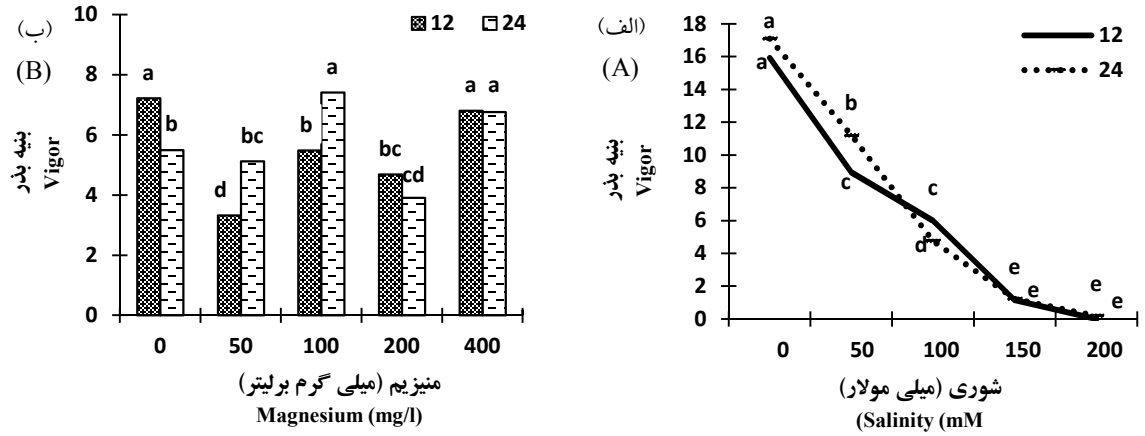
جدول ۶- تجزیه واریانس اثر نانو و میکرو کلات منیزیم و شوری در زمان پرایمینگ بر برخی صفات جوانه‌زنی

Table 6- Analysis of variance effect of magnesium nano and micro chelated and salinity on priming time on some germination traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		نانو کلات منیزیم Nano Chelated Magnesium			میکرو کلات منیزیم Micro Chelated Magnesium		
		بنیه بذر Vigor index	طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه hypocotyl length	بنیه بذر Vigor index	طول ریشه‌چه Radical length	طول ساقه‌چه hypocotyl length
پرایمینگ (P) Priming	4	67.4**	0.428**	0.949**	66.7**	1.1**	0.025**
شوری (S) Salinity	4	1373.1**	9.4**	2.2**	2115.7**	16.5**	2.2**
زمان (T) Time	1	18.9ns	0.013ns	0.057ns	2.6ns	0.728**	0.124**
P×S	16	9.7**	0.07*	0.179**	14.1**	0.167**	0.034**
P×T	4	16.3**	0.203**	0.019ns	13.4**	0.106**	0.063**
S×T	4	31.75**	0.196**	0.020ns	1.6ns	0.103*	0.083**
P×S×T	16	3.3ns	0.028ns	0.012ns	17.2**	0.060**	0.053**
خطا Error	100	4.222	0.029	0.019	2.059	2.65	0.022
ضریب تغییرات (%) CV	-	18.9	7.9	7.4	16.37	17.2	15.2

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

Respectively, are no significant and significant at probability level 5% and 1% ** and *ns,



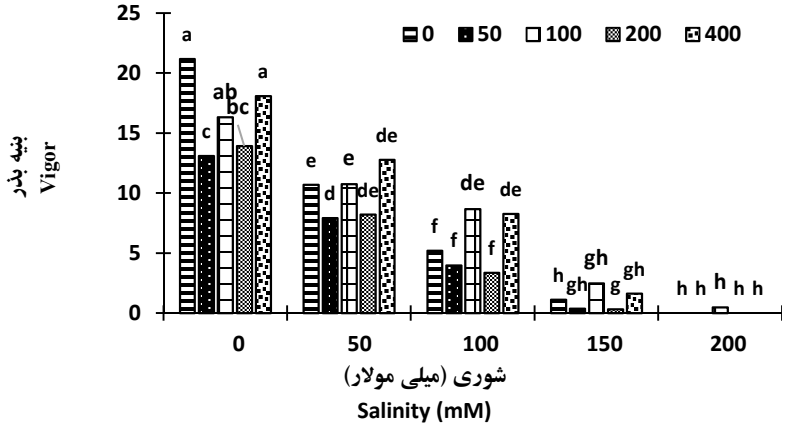
شکل ۱- الف: مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات منیزیم در زمان بر میزان بنیه بذر زوفا ب: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در زمان بر بنیه بذر زوفا.

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد.

Figure 1- A: Mean comparision of interaction effects of magnesium nano chelate and duration of seed priming on seed vigor of hyssop B: Mean comparision of interaction effects of salinity and time of seed priming on seed vigor of hyssopus.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test.

در اثر متقابل شوری در نانو کلات منیزیم بیشترین ویگور در تیمار هیدروپرایم (شاهد) و عدم تنش شوری به میزان ۲۱/۱ نشان داده شد؛ که با افزایش تنش شوری این میزان به‌شدت کاهش یافت اما غلظت‌های ۴۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کلات منیزیم، با افزایش تنش از ۵۰ میلی‌مولار شوری بیشترین ویگور را در مقایسه با دیگر سطوح پرایمینگ ایجاد کردند (شکل ۲). آقاجانی و همکاران (Agajani et al., 2014). تأثیر استفاده از نانو ذرات نقره را بر قوه نامیه بذر آویشن کوهی را غیر معنی‌دار گزارش نمودند.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در نانو کلات منیزیم بر بنیه بذر زوفا.

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد.

Figure 2- Mean comparison of interaction effects of salinity and magnesium nano chelated on seed vigor of hyssopu.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test.

نتایج حا صل از تجزیه واریانس نشان داد، اثر سه‌گانه کلات منیزیم در شوری و زمان پرایم در سطح احتمال خطای یک در صد معنی‌دار شد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین (جدول ۷) نشان داد، بیشترین ویگور بذر در تیمار صفر شوری و هیدروپرایم به مدت ۱۲ ساعت به میزان ۲۷/۲ معنی‌دار شد که اختلاف معنی‌داری با پرایمینگ ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار در ۲۴ ساعت پرایمینگ نداشت. با افزایش شوری غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات منیزیم توانست اثر تنش شوری را کاهش دهد. درمدت زمان ۲۴ ساعت پرایم نیز این غلظت‌ها در تمام سطوح شوری ویگور بذر را نسبت به سایر سطوح حفظ کرد، این در حالی بود که در ۲۴ ساعت هیدروپرایم (شاهد) در مقایسه با سایر غلظت‌های کلات منیزیم به شدت افت کرد و به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد.

طول ریشه‌چه

مطابق داده آنالیز واریانس (جدول ۶) اثر متقابل نانو کلات منیزیم و شوری در سطح احتمال خطای پنج و اثر متقابل نانو کلات منیزیم در زمان و شوری در زمان در سطح احتمال خطای یک در صد بر صفت طول ریشه‌چه معنی‌دار شد. داده حاصل از (شکل ۳) نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه در اثر متقابل شوری در زمان مربوط به ۲۴ ساعت پرایمینگ و عدم تنش شوری به اندازه ۱۴ میلی‌متر به دست آمد که با سطح دیگر زمان اختلاف معنی‌داری نشان داد. هم‌چنین مشاهده شد که در سطوح پایین شوری ۲۴ ساعت پرایمینگ مؤثرتر واقع شد، اما با افزایش تنش شوری از سطح ۵۰ میلی‌مولار به بالا، پرایمینگ بذر با مدت زمان ۱۲ ساعت مفیدتر واقع شد تا آنجا که بذرها به‌دلیل شدت تنش شوری بالا دچار

مسمومیت یونی شده و از بین رفتند در اثر متقابل نانو کلات منیزیم در زمان بیشترین طول ریشه‌چه با اندازه ۷/۶ میلی‌متر در مدت ۲۴ ساعت پرایم و محلول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر این کود ایجاد و نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (شکل ۳). داده حاصل از (شکل ۴) نشان می‌دهد که بیشترین طول ریشه‌چه در اثر متقابل شوری در نانو کلات منیزیم به میزان ۱۶ میلی‌متر در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر این کود و عدم تنش شوری مشاهده شد و نسبت به هیدروپرایمینگ (شاهد) اختلاف معنی‌داری داشت و این غلظت از کود در تمام سطوح شوری توانست نسبت به سایر تیمار کودی، تنش شوری را کاهش و بر این صفت جوانه‌زنی مؤثر واقع شود. به‌نظر می‌رسد جذب زیاد نمک های موجود در محلول سطوح بالای نانو کلات منیزیم توسط بذر موجب بروز اثرات سمی و کاهش طول ریشه‌چه شده باشد. همچنین مشخص شد که استفاده از محلول نانو کلات منیزیم با غلظت پایین اثرات بهتری در افزایش طول ریشه‌چه زوفا داشته است. درآزمایش پیش تیمار با محلول سولفات منیزیم که بر روی گیاه باریجه انجام شد نشان داده شد با افزایش غلظت محلول‌های پرایمینگ میانگین صفت طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت (Ahmadi et al., 2015). لین و ژینگ (Lin and Xing., 2008). گزارش کردند که کاربرد نانو اکسید روی تا حدود ۲ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش و مقادیر بیشتر از آن به‌دلیل ایجاد سمیت در بذر سبب کاهش طول ریشه‌چه گیاه‌چه‌های کلزا گردید.

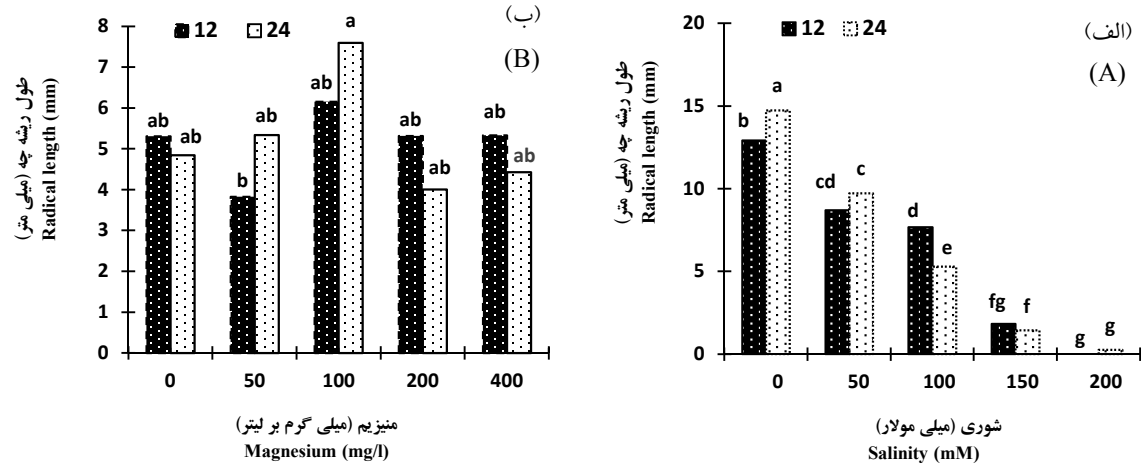
جدول ۷- برش‌دهی مقایسه میانگین میکرو کلات منیزیم در شوری و زمان پرایمینگ بر بنیه بذر

Table 7- Slice mean comparison of micro-chelated magnesium in salinity and priming time on seed vigor

زمان (ساعت) Time (hours)	میکرو کلات منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر) Micro Chelated Magnesium (mg/l)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)				
		0	50	100	150	200
12	0	$^{A}27.2^{a}$	$^{LM}8.4^{f}$	$^{NO}5.8^{de}$	$^{R-T}2.1^{cd}$	$^{T}0^{a}$
	50	$^{B}24.4^{b}$	$^{C-E}18.5^{ab}$	$^{H-J}12.1^{a}$	$^{P-R}3.2^{a-c}$	$^{ST}0.4^{a}$
	100	$^{DE}18.1^{d}$	$^{FG}15.1^{cd}$	$^{H-J}11.8^{a}$	$^{O-R}3.6^{a-c}$	$^{ST}0.2^{a}$
	200	$^{D-F}17.3^{de}$	$^{GH}13.4^{d}$	$^{MN}7.8^{cd}$	$^{Q-S}2.3^{b-d}$	$^{ST}0.2^{a}$
	400	$^{CD}19.1^{cd}$	$^{GH}13.8^{d}$	$^{MN}7.3^{cd}$	$^{O-R}4.1^{a-c}$	$^{ST}0.5^{a}$
24	0	$^{FG}15.2^{e}$	$^{G-I}13.1^{de}$	$^{O-Q}4.6^{e}$	$^{ST}0.3^{d}$	$^{T}0^{a}$
	50	$^{B}24.2^{b}$	$^{CD}18.9^{a}$	$^{H-J}12.5^{a}$	$^{OP}4.8^{a}$	$^{ST}0.6^{a}$
	100	$^{AB}25.1^{ab}$	$^{EF}16.2^{bc}$	$^{K-M}9.3^{bc}$	$^{O-R}4.1^{a-c}$	$^{ST}0.7^{a}$
	200	$^{C}20.6^{c}$	$^{GH}13.6^{d}$	$^{J-L}10.3^{ab}$	$^{O-Q}4.4^{ab}$	$^{ST}0.5^{a}$
	400	$^{C-E}18.4^{cd}$	$^{I-K}11.1^{e}$	$^{I-K}11.1^{ab}$	$^{O-R}4.1^{a-c}$	$^{ST}0.6^{a}$

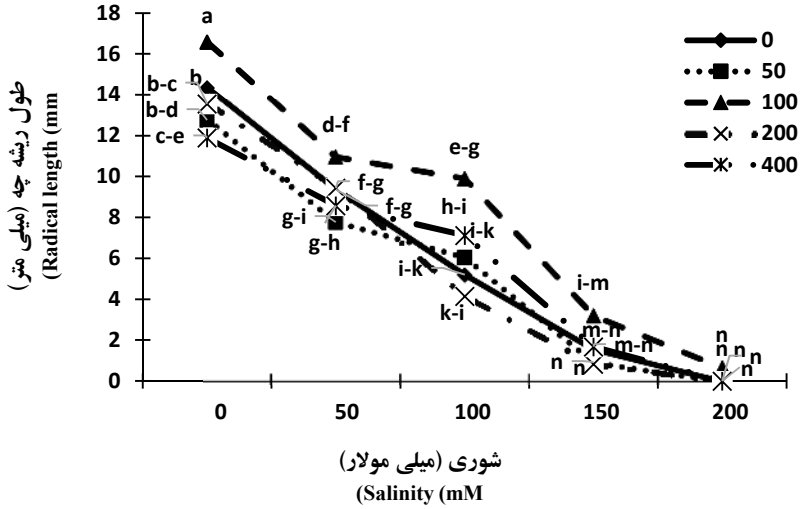
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد. حروف سمت چپ (حروف بزرگ) مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه و حروف سمت راست (حروف کوچک) مربوط به برش‌دهی اثر غلظت کود × زمان در هر سطح از شوری می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test. The letters on the left (capital letters) are related to the comparison of the mean of the triple interactions and the right letters (lowercase letters) related to the Slice effect of the concentration of fertilizer × time on each level of salinity.



شکل ۳- الف: مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در زمان بر طول ریشه‌چه زوفا ب: مقایسه میانگین اثر متقابل نانو کلات منیزیم در زمان بر طول ریشه‌چه زوفا.
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد.

Figure 3- A: Mean comparison of interaction effects of salinity and time on radical length hyssopus
B: Mean comparison of interaction effects of magnesium nano chelated and time on radical length of hyssopus.
Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در نانو کلات منیزیم بر طول ریشه‌چه (میلی‌متر) زوفا.
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد.

Figure 4- Interaction effect of salinity and magnesium nano chelated on Radical length (mm) hyssopus.
Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test.

در بررسی نتایج (جدول ۸) مشاهده شد بیشترین طول ریشه چه در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلات منیزیم در غلظت صفر شوری در ۲۴ ساعت پرایم به اندازه ۲۴ میلی‌متر به دست آمد که اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و شاهد مشاهده گردید؛ اما در ۱۲ ساعت پرایمینگ بیشترین طول ریشه‌چه توسط ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کلات منیزیم به میزان ۲۰ میلی‌متر ایجاد شد. اختیاری و همکاران (Ekhtiyari et al., 2011). گزارش کردند اثر تیمارهای شوری و نانو ذرات نقره بر

شـاخص طول ریشـه‌چه، بذر رازیانه معنی‌دار بود هم‌چنین اثرات متقابل شـوری در نانو ذرات نقره بر شـاخص طول ریشه‌چه معنی‌دار گزارش شد.

جدول ۸- برش‌دهی مقایسه میانگین میکرو کلات منیزیم در شوری و زمان پرایمینگ بر طول ریشه‌چه (میلی‌متر)

Table 8- Slice mean comparison of micro-chelated magnesium in salinity and priming time on Radical length (mm)

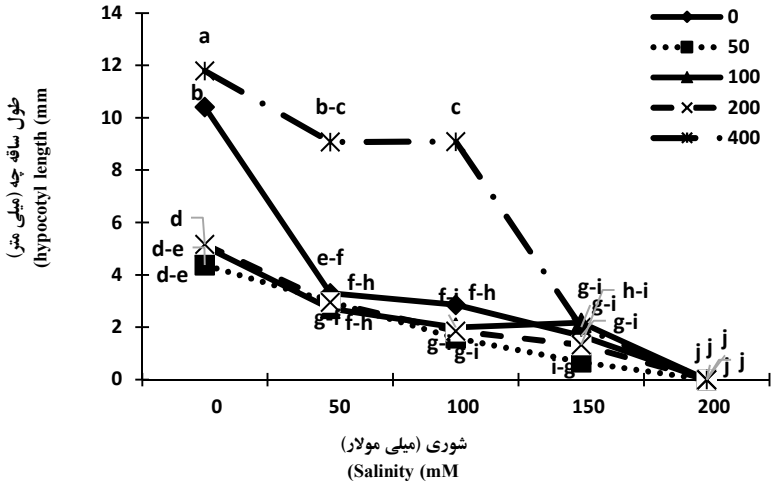
زمان (ساعت) Time (hours)	میکرو کلات منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر) Micro Chelated Magnesium (mg/l)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)				
		0	50	100	150	200
12	0	C-G 16 c-e	NO 7 g	OP 6 d	R-T 3 cd	U 0 a
	50	B 21 b	C-E 17 b	KL 11 ab	P-R 4 a-c	U 1 a
	100	CD 17 cd	G-J 14 de	I-L 12 ab	P-R 4 a-c	S-U 1 a
	200	D-H 15 d-f	F-I 14 cd	ML 11 bc	Q-S 3 bc	TU 0.3 a
	400	E-H 15 ef	H-L 12 d-f	MN 9 c	S-U 4 a-c	S-U 1 a
24	0	H-K 13 f	K-L 11 f	P-R 5 d	TU 0.4 d	U 0 a
	50	AB 23 ab	B 21 a	H-K 13 a	OP 6 a	S-U 1 a
	100	A 24 a	C-F 17 bc	J-L 12 ab	P-R 5 a-c	S-U 2 a
	200	B 21 b	C-F 16 bc	H-K 13 a	O-Q 5 ab	S-U 2 a
	400	C 17 c	J-L 12 ef	I-L 12 ab	OP 6 a	S-U 1 a

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد. حروف سمت چپ (حروف بزرگ) مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه و حروف سمت راست (حروف کوچک) مربوط به برش‌دهی اثر غلظت کود × زمان در هر سطح از شوری می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test. The letters on the left (capital letters) are related to the comparison of the mean of the triple interactions and the right letters (lowercase letters) related to the Slice effect of the concentration of fertilizer × time on each level of salinity.

طول ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشـان داد اثر متقابل نانو کلات منیزیم در شوری با سطح احتمال خطای یک درصد بر صفت طول سـاقه‌چه معنی‌دار گردید (جدول ۶). از (شـکل ۵) چنین اسـتنباط می‌شـود که غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر نانو کلات منیزیم بیشترین طول ساقه‌چه را در عدم تنش شوری به میزان ۱۸ میلی‌متر ایجاد کرد که اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد و سـایر سـطوح کودی داشـت. در کل با افزایش تنش طول سـاقه‌چه کاهش یافت اما این تیمار نتوانسـت اختلاف معنی‌داری بر این صـفت داشـته باشـد. ایمران و همکاران (Imran et al., 2008). در پژوهشـی بر اثر پرایمینـگ تغذیه‌ای با سـولفات روی و سـولفات منیزیم بر جوانه‌زنی بذر باریجه گزارش نمودند که صـفت طول سـاقه‌چه تحت تیمار پرایمینگ در مقایسـه با شـاهد افزایش معنی‌داری داشـت. اختیاری و همکاران (Ekhtiyari et al., 2011). گزارش کردند اثر اصلی و متقابل شوری و نانو ذرات نقره بر طول ساقه‌چه گیاه رازیانه معنی‌دار شد و موجب افزایش طول سـاقه‌چه گردید بیشـترین طول سـاقه‌چه نیز در سـطح صفر شوری گزارش شد.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در نانو کلات منیزیم بر طول ساقه‌چه (میلی‌متر) زوفا.
حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد.

Figure 5- Interaction effect of salinity and magnesium nano chelated on hypocotyl length (mm) hyssopus. Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثرات سه‌گانه‌ی کلات منیزیم در شوری و زمان بر صفت طول ساقه‌چه در سطح احتمال خطای یک درصد با هم اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۶). (جدول ۹) مقایسه میانگین برش‌دهی نشان می‌دهد در پرایم ۱۲ ساعت با میکرو کلات منیزیم ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در سطح صفر شوری بیشترین طول ساقه‌چه (۸ میلی‌متر) مشاهده شد. در ۲۴ ساعت پرایم نیز با همان تیمارهای اعمال شده، غلظت محلول ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین طول ساقه‌چه را ایجاد نمود که جز با نمونه شاهد با سایر سطوح کودی اختلاف چندانی نداشت.

احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2015) در پیش تیمار گیاه باریجه نتایج خود را چنین ارائه داد؛ که افزایش مدت زمان پرایمینگ از ۱۲ به ۲۴ ساعت سبب بهبود کلیه صفات از جمله طول ساقه‌چه شد. آگجانی و همکاران (Agajani et al., 2014). گزارش کردند پیش‌تیمار نانو ذرات نقره موجب بیشترین طول ساقه‌چه در آویشن کوهی گشته است.

نتیجه‌گیری کلی

بطورکلی نتایج این تحقیق نشان داد با توجه‌به کاهش خصوصیات جوانه‌زنی بذر زوفا با افزایش تنش شوری، پرایمینگ بذرها با نانو و میکرو کلات منیزیم به‌علت ارزان بودن و قابلیت اجرا در شرایط مختلف راهکار مطلوبی در جهت بهبود شرایط جوانه‌زنی تحت تاثیر تنش شوری می باشد. بر اساس یافته های این پژوهش پرایمینگ تغذیه‌ای منیزیم تنها در شرایط تنش شوری قابل توجیه بوده و خصو صیات جوانه‌زنی را در مقایسه با شاهد بهبود می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده با افزایش میزان تنش شوری، پرایمینگ با میکرو کلات منیزیم با غلظت های مختلف می‌تواند تنش ناشی از شوری را حتی در سطوح بالا (۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌مولار) در مقایسه با شاهد کاهش و موجب بهبود ویژگی‌های جوانه‌زنی شود. با توجه‌به اینکه بیشترین درصد جوانه‌زنی به میزان ۸۹/۳ درصد در تیمار ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، و همچنین مناسب‌ترین متوسط زمان جوانه‌زنی در غلظت ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار شوری همگی تحت تاثیر پرایمینگ با

میکرو کلات منیزیم ایجاد شد که در مقایسه با نانو کلات منیزیم شرایط مطلوب‌تری برای بهبود جوانه‌زنی ایجاد کرد و از انجایی که تفاوت قابل توجهی با مقیاس نانو کلات منیزیم دیده نشد توصیه می‌شود به‌دلیل مقرن به‌صرفه بودن از غلظت ۴۰۰ میلی گرم در لیتر میکرو کلات منیزیم جهت پرایمینگ بذرهای زوفا تحت شرایط شوری مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۹- برش‌دهی مقایسه میانگین میکرو کلات منیزیم در شوری و زمان پرایمینگ بر طول ساقه‌چه (میلی‌متر)

Table 9- Slice mean comparison of micro-chelated magnesium in salinity and priming time on hypocotyl length (mm)

زمان (ساعت) Time (hours)	میکرو کلات منیزیم (میلی گرم بر لیتر) Micro Chelated Magnesium (mg/l)	شوری (میلی‌مولار) Salinity (mM)				
		0	50	100	150	200
12	0	$^{A}15.4^{a}$	$^{H-K}3.7^{def}$	$^{I-K}3.1^{ab}$	$^{N-Q}2.2^{a}$	$^{T}0^{c}$
	50	$^{B}8.1^{b}$	$^{E}5.5^{a}$	$^{H-J}3.2^{a}$	$^{N-Q}2.3^{a}$	$^{O-R}1.1^{a}$
	100	$^{D}7.1^{d}$	$^{E}5.5a$	$^{H-J}3.1^{a}$	$^{N-P}2.3^{a}$	$^{Q-S}1.1^{ab}$
	200	$^{CD}7.1^{cd}$	$^{I-K}3.3^{ef}$	$^{J-N}2^{a-c}$	$^{N-P}2.1^{a}$	$^{T}0^{c}$
	400	$^{BC}8.2^{bc}$	$^{I-K}3.4^{ef}$	$^{L-P}2^{c}$	$^{N-P}2.5^{a}$	$^{RS}1^{ab}$
24	0	$^{EF}5.7^{e}$	$^{GH}4.2^{cd}$	$^{J-N}2.1^{a-c}$	$^{ST}0.46^{b}$	$^{T}0^{c}$
	50	$^{D}7.3^{d}$	$^{FG}4.2^{bc}$	$^{I-K}3.1^{ab}$	$^{N-P}2.4^{a}$	$^{O-R}1^{a}$
	100	$^{CD}7.2^{cd}$	$^{F}4.2^{b}$	$^{K-N}2.1^{bc}$	$^{L-O}2.1^{a}$	$^{P-R}1^{a}$
	200	$^{D}7.2^{d}$	$^{J-M}31^{f}$	$^{K-N}2.3^{bc}$	$^{L-P}2^{a}$	$^{ST}1.1^{bc}$
	400	$^{CD}7.2^{cd}$	$^{HI}3.1^{df}$	$^{I-L}3.4^{a-c}$	$^{M-P}2.1^{a}$	$^{Q-S}1.1^{ab}$

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد توسط LSD می‌باشد. حروف سمت چپ (حروف بزرگ) مربوط به مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه و حروف سمت راست (حروف کوچک) مربوط به برش‌دهی اثر غلظت کود × زمان در هر سطح از شوری می‌باشد.

Different letters represent a significant difference in the probability level of 5% by LSD test. The letters on the left (capital letters) are related to the comparison of the mean of the triple interactions and the right letters (lowercase letters) related to the Slice effect of the concentration of fertilizer × time on each level of salinity.

Reference

منابع

Karameh, A., P. Soheil, M. Sarab, and G. Gholam Ali. 2015. Evaluation of the effects of nutritional priming on germination and growth of barium plant (*Ferula gummosa Boiss*). J. Seed Ecophysiol. 1(2): 137-151. (In Persian, with English Abstract)

Abdul-Baki, A.A., and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. J. Crop Sci. 13(6): 630-633.

Agajani, Z., R. Ekhtiyari, and R. Pourmidani. 2014. Investigating the effects of silver nanoparticles on germination and early growth of (*Thymus kotschyanus* L). J. Agron. Res. Semi Desert Regions. 11(2): 73-81. (In Persian, with English Abstract)

Ashraf, M., and M.R. Foolad. 2005. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination growth and crop yield under saline and none-saline conditions. Adv. Agron. 88: 223-271.

Ashraf, M., and P.J.C. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci. 166(1): 3-16

Biazus, J.P.M., R.R. de Souza, J.E. Rquez, T.T. Franco, J.C.C. Santana, and E.B. Tambourgi. 2009. Production and characterization of amylases from Zea mays malt. Braz. Arch. Biol. Technol. 52: 991-1000.

Boonyanitipong, P., B. Kositsup, P. Kumar, S. Baruah, and J. Dutta. 2011. Toxicity of ZnO and TiO_2 Nanoparticles on Germinating Rice Seed. Int. J. Biosci., Biochem. Bioinform. 1(4): 282-285.

Caruso, G., C. Cavaliere, P. Foglia, R. Gubbiotti, R. Samperi, and A. Lagana. 2009. Analysis of drought responsive proteins in wheat (Triticum durum) by 2D-PAGE and MALDI-TOF mass spectrometry. Plant Sci. 177: 570–576.

Chehregani-Rad, A., F. Mohsenzadeh, S. Motahrania, and Z. Shirkhani. 2016. Physiological and Biochemical Response of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to Treatment with Aluminum Oxide Nanoparticles. J. Cell Tissue Res. 7(1): 23-19. (In Persian, with English Abstract)

Ekhtiari, R., H. Mohebbi, and M. Mansouri. 2011. Investigation of the effects of silver nanoparticles on salinity tolerance of fennel in primary laboratory conditions. J. Plant Ecol. 7 (27): 55-62. (In Persian, with English Abstract)

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. J. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.

Farooq, M., A. Rahman, T. Aziz, and M. Habib. 2011. Boron Nutripriming Improves the Germination and Early Seedling Growth of Rise (*Oryza sativa* L.) J. Plant Nutr. 12(2): 1507–1515.

Fathiazad, F. and S. Hamedeyazdan. 2011. A review on (*Hyssopus officinalis* L.) Composition and biological activities Afr. J. Pharmacy Pharmacol. 5(17): 1959–1966.

Finnerty, T.L., J.M., Zajicek, and M.A., Hussey. 1992. Use of seed priming to bypass stratification requirements of three Aquilegia species. Hortic. Sci. 27 (4): 310-313.

Gransee, A. and H. Fuhrs. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. J.Plant Soil. 368: 5–21.

Guan, Y.J., J. Hu, X.J. Wang, and C.X. Shao. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. J. Zhejiang Univ. Sci. 10(6): 427-433.

Ikic, I., M. Maric evic, S. Tomasovic., J. Gunjaca., Z.S. Atovic, and H.S. Arcevic. 2012. The effect of germination temperature on seed dormancy in Croatian-grown winter wheats. Euphytica. 188: 25-34.

Imran, M., G. Neuman, and V. Rombeld. 2008. Nutrient seed priming improves germination rate and seedling growth under subemergence stress at low temperature. Com. Resour. In changing word- new rural develop. Conf. Hohenheim. 40(12): 1803-1821.

Jahantigh, O., F. Najafi, H. Naghdi Badi, R. Khavari-Nejad, and F. Sanjarian. 2016. Changesn in antioxid ant enzymes activities and proline, total phenol and anthocyanine contents in Hyssopus officinalis L. plants. J. Acta Biologica Hungarica. 67 (2): 195–204.

Khorshidi, J. 2020. Comparison of Salinity Stress Tolerance of Basil, Thyme, Hyssop and Badershby Seeds of Medicinal Plants Based on germination indices. J. Environ. Stresses Crop Sci. 13: 251-261. (In Persian, with English Abstract)

Lin, D. and B. Xing. 2008. Root uptake and Phytotosicity of ZnO nanoparticles. Environ. Sci. Technol. 42(15): 5580–5585.

Madadi, M., S. Khamari, A. Javadi, and A. Sofalian. 2014. The effect of priming with calcium nitrate and zinc oxide on seed germination and seedling growth under salt stress. J. Plant Process Function. 5(15): 179-169. (In Persian, with English Abstract).

Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 7: 405-410.

Optional, R., HR. Mohebi, and M. Mansouri. 2011. Investigating the effects of nanosilver particles on salinity tolerance of fennel in early growth in laboratory conditions. J Plant Ecol. Res. 7(27): 55-62. (In Persian, with English Abstract)

Ramroudi, M., M. Keikhaghala, M. Seghatoleslami, and R. Baradaran. 2011. Effect of soluble and irrigation regimes on quantitative and qualitative yield of Plantago ovate Forsk. J. Agric. Ecol. 3(2): 226-219.

Shinde, S., P. Paralikar., A. Ingle, and M. Rai. 2018. Promotion of seed germination and seedling growth of Zea mays by magnesium hydroxide nanoparticles synthesized by the filtrate from Aspergillus niger. Arab. J. Chem. 13: 3172–3182.

Sarmadnia, G. H. 1996. Seed technology. Publications of Mashhad University. (In Persian, with English Abstract).

Siddiqi, K.S., and A. Husen. 2017. Plant response to engineered metal oxide nanoparticles. Nanoscale Res. Lett. 110: 12, 92.

Srivastava, A., K. Awasthi, B. Kumar, A. Misra, and S. Srivastava. 2018. Pharmacognostic and Pharmacological Evaluation of (*Hyssopus officinalis* L.) (Lamiaceae) Collected from Kashmir Himalayas, India. J. Pharmacogn. 10(4): 690-693.

Stawomir, B., and H. Roman. 2008. Effect of different ways of priming tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seed on the air quality. Pol. J. Nat. Sci. 23: 729-739.

Tabrizi, L., M. Nasiri Mahalati, and A. Kochaki. 2004. Investigation on the cardinal temperature for germination of Plantago ovate and Plantago psyllium. Iranian J. Field Crops Res. 2: 143-151. (In Persian, with English Abstract)

Verma, S.K., G.C. Bjpai, S.K. Tewari, and J. Singh. 2005. Seedling index and yield as influenced by seed size in pigeon pea. J. Legume Res. 28(2): 143-145.

Whitty, E.N. and C.G. Chambliss. 2005. Fertilization of Field and Forage Crops. Nevada State University Publication, U.S.

Wolski, T., and T. Baj. 2006. Hyzop lekarski (*Hyssopus officinalis* L.) aromatyczna roślina lecznicza. J. Aromatherapy. 4(46): 10–18.

Yasemin C., B K. Umit, M. Melis, and Ismail C. 2016. Magnesium applications to growth medium and foliage affect the starch distribution, increase the grain size and improve the seed germination in wheat. J.Plant Soi. 406: 145-156.

Zheljazkov, V.D., T. Astatkie, and A.N. Hristov. 2014. Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time and drying. Ind. Crops Prod. 36: 222–228.