اثر تنش شوری بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی کینوا
(*Chenopodium quinoa* Willd.)

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۷، شماره ۲، صفحات ۵۲-۴۱
(تابستان ۱۴۰۰)

هادی سالک معراجی[۱]، افشین توکلی[۲] ✉، سهیلا غنیمتی[۳]، پروین کثیرلو[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲- دانشیار، گروه مهندسی و ژنتیک گیاهی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۴- دانش آموخته کارشناسی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

(✉ tavakoli@znu.ac.ir : نویسنده مسئول)

چکیده

شوری یکی از مهم ترین تنش‌های غیر زیستی بوده که سبب کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. گیاه کینوا اهمیت زیادی در تغذیه انسان داشته و مقاومت بالایی به تنش شوری دارد. به‌منظور بررسی اثرات تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی رقم Q26 کینوا، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار تحت شرایط آزمایشگاهی اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف کلرید سدیم (۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر) به عنوان تنش شوری بود. شوری اثرات نامطلوبی بر صفات مورد مطالعه مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه، یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی داشت. درصد جوانه‌زنی بین تیمار شاهد تا ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری تفاوتی نداشت ولی در ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش یافته و به ۷۵ درصد رسید. با افزایش سطوح شوری، مدت زمان لازم جهت جوانه‌زنی ۵۰ درصد بذور، افزایش معنی‌داری داشت. سرعت جوانه‌زنی نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح شوری کاهش یافت. نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه با افزایش شوری تا ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت ولی در ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر، به حداکثر رسید. نتایج نشان داد که رقم Q26 کینوا در مرحله جوانه‌زنی، شوری ۳۰ دسی‌زیمنس را می‌تواند تحمل نماید. بنابراین می‌توان عنوان کرد که این رقم مقاومت خوبی تا شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم داشته و می‌تواند پس از ارزیابی مزرعه‌ای و با توجه به شرایط اقلیمی مناسب، رقم مطلوبی برای کشت در شرایط شور باشد.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۱۸

واژه‌های کلیدی

- بذر
- تحمل شوری
- تنش غیر زیستی
- درصد جوانه زنی
- سرعت جوانه زنی
- کینوا

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY- NC- ND انتشار یافته است.

10.22034/AEJ.2022.697216

مقدمه

تنش شوری از تنش‌های مهم غیرزیستی است که فیزیولوژی گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و رشد و عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد (Fakhri *et al.*, 2017). شوری، تمام فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، ساخت پروتئین، متابولیسم چربی‌ها و انرژی گیاه از مرحله جوانه‌زنی تا تولید دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Naidoo and Naidoo, 2001). جوانه‌زنی پدیده‌ای پیچیده مشتمل بر تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بوده که حاصل فعال شدن جنین است. در بسیاری از گیاهان، جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه، حساس‌ترین مراحل به تنش شوری هستند. شوری در مرحله اول، سبب کاهش پتانسیل اسمزی شده و جذب آب توسط بذرها را کاهش می‌دهد و در مرحله دوم، باعث سمیت یونی و ایجاد تغییر در فعالیت‌های آنزیمی درون بذر می‌گردد (Massai *et al.*, 2004). شوری ممکن است باعث تأخیر کاهش سرعت جوانه‌زنی گردد که این امر منجر به کاهش رشد گیاه و عملکرد محصول نهایی می‌شود (Ashraf and Foolad *et al.*, 2005). نمک‌های محلول در آب و خاک از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محیط رشد و سمیت یون‌های خاص، باعث تأخیر در جوانه‌زنی و نیز کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شده (Ashraf and Harris, 2004)، فعالیت بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بذر را از طریق ممانعت از تنفس هوازی یا تحریک مراحل کاتابولیسمی، تغییر می‌دهد (Ejazrasll and Rehman, 1997).

گیاهان خانواده اسفناجیان[1] اکثرا گیاهانی کم توقع بوده و توانایی رشد و تولید در شرایط تنش‌زا و خاک‌های فقیر را دارا هستند. یکی از مهمترین گیاهان این خانواده کینوا می‌باشد (Bhargava *et al.*, 2006). کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)، گیاهی یکساله، پهن برگ و دارای ریشه عمیق بوده که مقاومت بالایی در برابر تنش‌های غیر زیستی مانند خشکی، سرما (Jacobsen *et al.*, 2012) و شوری (Adolf *et al.*, 2013) دارد. بیشتر ارقام کینوا به خوبی قابلیت رشد در شوری با غلظت ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر و حتی بیشتر را هم دارند که این میزان شوری برای بیشتر گیاهان زراعی، بیش از حد آستانه است (Jacobsen *et al.*, 2001). البته گزارش‌ها حاکی از آن است که مقاومت ارقام مختلف کینوا به شوری، بسیار متفاوت است (Gómez-Pando *et al.*, 2017; Ruiz *et al.*, 2014). با توجه به روند شور شدن زمین‌های کشاورزی و همچنین گسترش خشکی، کینوا بهترین گیاه برای تأمین امنیت غذایی جوامع انسانی معرفی شده، به‌طوری که سال ۲۰۱۳ میلادی توسط سازمان خوار و بار جهانی[2]، سال کینوا نام‌گذاری شد (FAO, 2013). کینوا یکی از مغذی‌ترین گیاهان دانه‌ای محسوب می‌شود (Reddy and Khan, 2001). به‌دلیل دارا بودن ارزش غذایی بالا (Fuentes and Paredes-Gonzales, 2015) و همچنین تحمل به شرایط نامساعد محیطی، کینوا را اصلی‌ترین منبع جایگزین غلات عنوان کرده‌اند (Vega-Galvez *et al.*, 2010). یکی از دلایل علاقه‌مندی جهانی به این گیاه، به‌دلیل خصوصیات تغذیه‌ای برتر و همچنین مقاومت آن به تنش‌هاست (Fuentes and Paredes-Gonzales, 2015). اگر چه کینوا به‌عنوان یک گیاه شورزیست اختیاری[3] شناخته شده است، حتی گیاهان شورزیست[4] نیز در مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه بیشترین حساسیت را به تنش شوری دارند (Gul *et al.*, 2013).

آزمایش‌های متعددی در ارتباط با تأثیر شوری روی خصوصیات جوانه‌زنی کینوا انجام گرفته است. غلظت بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی-مولار کلرید سدیم در جوانه‌زنی اکثر ژنوتیپ‌های کینوا تأثیرگذار نیست (Ruiz *et al.*, 2014; Delatorre-Herrera and Pinto, 2009; Hariadi *et al.*, 2011; Ruiz-Carrasco *et al.*, 2011). با این حال، غلظت‌های ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم شروع جوانه‌زنی را

1- Chenopodiaceae
2- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
3- Facultative halophyte
4- Halophytes

به تأخیر می‌اندازد (Orsini *et al.*, 2011; Prado *et al.*, 2000). در آزمایشی گزارش کرده‌اند که سرعت جوانه‌زنی کینوا در غلظت-های پایین شوری نسبت به آب خالص افزایش می‌یابد (Panuccio *et al.*, 2014). در پژوهشی دیگر، مامدی و همکاران (۲۰۱۶)، گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی بذور کینوا در غلظت‌های مختلف شوری با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ولی سرعت جوانه‌زنی با افزایش سطوح شوری، کاهش یافت (Mamedi *et al.*, 2016). گزارش گردیده که سطوح مختلف شوری بر سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و وزن‌تر گیاهچه اثر نامطلوبی داشته و مقاومت ارقام مختلف به شوری، متفاوت است (Jamali *et al.*, 2016).

با توجه به اهمیت کینوا در تغذیه انسان، حساس بودن مرحله جوانه‌زنی گیاهان به تنش شوری و متفاوت بودن تحمل به شوری در ارقام مختلف کینوا، آزمایش حاضر به‌منظور ارزیابی میزان تحمل به شوری رقم Q26 در مرحله جوانه‌زنی طراحی و اجرا گردید. نتایج این آزمایش می‌تواند در معرفی ارقام مناسب جهت کاشت در خاک‌هایی با شوری مشخص، مفید باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تحمل به شوری کینوای رقم Q26 در مرحله جوانه‌زنی، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار تحت شرایط آزمایشگاهی طراحی و اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف نمک کلریدسدیم (۰، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر)[5] بر خصوصیات جوانه‌زنی بود. به‌منظور انجام این آزمایش، ابتدا بذرها با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به‌مدت سه دقیقه ضدعفونی و سپس دو مرتبه با آب مقطر، آبشویی شدند. ضدعفونی ظروف پتری‌دیش و کاغذ صافی نیز در اتوکلاو با دمای ۱۲۱ سلسیوس انجام شد. بذرها پس از ضدعفونی در زیر هود قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند. در محیط کاملاً استریل در درون هر ظرف پتری‌دیش ۵۰ عدد بذر قرار داده شده و سپس سطوح مختلف شوری همراه با آب به تیمارها اضافه گردید. کل نمک محلول[6] مورد نیاز برای تهیه غلظت‌های زیر ۵ دسی‌زیمنس بر متر از رابطه اول و برای غلظت‌های بالای ۵ دسی‌زیمنس بر متر از رابطه دوم استفاده شد و هدایت الکتریکی نهایی مجدداً با هدایت سنج[7] اندازه‌گیری گردید (Hampton and Tekrony, 1995; Shainberg and Oster, 1978).

$$TDS_{(mg\ NaCl)} = EC \times 640$$

$$TDS_{(mg\ NaCl)} = EC \times 840$$

پس از اعمال تیمارها، پتری‌ها در داخل اتاقک رشد با دمای ۲۵ سلسیوس، رطوبت نسبی ۴۰ درصد و نور ۲۷۰ تا ۳۷۰ لوکس قرار داده شدند و هر ۱۲ ساعت تعداد بذرهای جوانه زده شمارش گردید. معیار جوانه‌زنی بذر، خروج ریشه‌چه به‌طول حدوداً ۲ میلی‌متر بود. در پایان روز هفتم، صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن‌تر و خشک گیاهچه اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، از هر تیمار به صورت تصادفی ۱۰ بذر جوانه‌زده انتخاب و طول آنها اندازه‌گیری شد (Hanson, 1997). درصد جوانه‌زنی[8] از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (Pirasteh Anoshe *et al.*, 2011).

$$GP = 100 \times NG / NT$$

5- Decisiemens per meter (dS/m)
6- Total dissolved solids (TDS)
7- EC meter
8- Germination percentage (GP)

NG[9] تعداد بذور جوانه زده، NT[10] تعداد کل بذور و GP درصد جوانه‌زنی می‌باشد. سرعت جوانه‌زنی[11] نیز از طریق رابطه زیر برآورد گردید (Pirasteh Anoshe *et al.*, 2011).

$$GR= \Sigma N / DN$$

که در آن GR سرعت جوانه‌زنی، N تعداد بذرهای جوانه‌زده در یک روز و DN تعداد روزها از زمان شروع جوانه‌زنی است. تعداد ۱۰ عدد دانهال انتخاب شده برای اندازه‌گیری طول ساقه‌چه و ریشه‌چه درون فویل‌های آلومینیومی گذاشته و به‌مدت ۲۴ ساعت در داخل آون با دمای ۷۰ سلسیوس قرار داده شدند و سپس وزن خشک دانهال‌ها با ترازوی دقیق و با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد (Hanson, 1997). پس از اتمام آزمایش، ۱۰ گیاهچه از هر ظرف پتری‌دیش انتخاب و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با خط‌کش اندازه‌گیری گردید (Hanson, 1997). یکنواختی جوانه‌زنی[12] نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Soltani *et al.*, 2001).

$$GU= D_{10} - D_{90}$$

که در آن D_{10} بیانگر مدت زمان تا ۱۰٪ جوانه‌زنی و D_{90} مدت زمان تا ۹۰٪ جوانه‌زنی می‌باشد. مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی بذور توسط برنامه Germin در محیط نرم‌افزار Excel محاسبه شد (Soltani and Maddah, 2010). ضریب آلومتری[13] نیز از نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه بدست آمد (Reddy and Khan, 2001).

$$CA= LS / Lr$$

L_S طول ریشه چه و L_r طول ساقه‌چه را معرفی می‌نماید. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS-9.1.3 تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام گردید.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

نتایج این پژوهش، بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد بوده است (جدول ۱). از نظر آماری، درصد جوانه‌زنی تا غلظت ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد، تفاوتی نداشته ولی در غلظت ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش قابل توجهی پیدا کرد (جدول ۲). با توجه به نتایج بدست آمده، می‌توان استنباط نمود که بذرهای رقم Q26 کینوا در مکش‌های پائین قادر به جذب آب بوده و تا غلظت ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر تحت تأثیر پتانسیل اسمزی قرار نمی‌گیرند.

سرعت جوانه‌زنی بیانگر سرعت خروج ریشه‌چه از بذر بوده و با گونه گیاهی و ترکیبات موجود در بذر ارتباط نزدیکی دارد. پژوهشگران اعلام کردند که پتانسیل آب در محیط، مؤثرترین عامل در جذب آب و آماس بذر است و تنش شوری جذب آب را کاهش می‌دهد. با کاهش جذب آب توسط بذر، قابلیت جوانه‌زنی کاهش، و از درصد جوانه‌زنی کاسته می‌گردد (Khammari *et al.*, 2007). در مورد گیاه کینوا، گزارش‌ها حاکی از آن است که مقاومت ژنوتیپ‌های کینوا به شوری بسیار متغییر است (Shabala *et al.*, 2013; Aloisi *et al.*, 2016). مشخص شده که درصد جوانه‌زنی بذور کینوا تحت تأثیر غلظت‌های مختلف شوری قرار نداشته (Mamedi *et al.*, 2016) که با نتایج پژوهش حاضر تا غلظت ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر، همخوانی دارد. پاناسیو و همکاران (۲۰۱۴)، نیز

9- Number germination
10- Number total
11- Germination rate (GR)
12- Germination uniformity (GU)
13- Coefficient of allometry (CA)

گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی بذر کینوا تحت شرایط تنش شوری، نسبت به تیمار شاهد تفاوتی نداشته و همسو با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. ولی در پژوهش دیگری، کاهش درصد جوانه‌زنی بذر کینوا گزارش گردیده (Panuccio *et al.*, 2014) که برخلاف نتایج حاضر بوده و به احتمال زیاد یک ژنوتیپ حساس به شوری بوده است.

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه

تأثیر سطوح مختلف شوری بر طول ساقه‌چه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طول ساقه‌چه در غلظت ۸ دسی-زیمنس بر متر به بالاترین مقدار و در غلظت ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر به صفر تنزل یافت. طول ریشه‌چه نیز با افزایش شوری افزایش یافت و در غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به حداکثر خود رسید ولی در غلظت‌های بالاتر از ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر روند کاهشی داشت.

کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری است (Gunes *et al.*, 2007). شرایط مطلوب برای رشد کینوا، شوری بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی-مولار کلرید سدیم است (Sun *et al.*, 2017; Hariadi *et al.*, 2011). به‌نظر می‌رسد که رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه در کینوا در حضور غلظت‌های کم نمک در مقایسه با شرایط بدون شوری، افزایش می‌یابد ولی احتمالاً با افزایش یافتن غلظت نمک، حالت سمیت در گیاه اتفاق می‌افتد. به‌همین دلیل، رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه، کاهش پیدا کرده است. نتایج نشان داده که رشد ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه از حساسیت بیشتری برخوردار است. پژوهشگران گزارش کرده‌اند که کاهش طول ساقه‌چه در اثر شوری، می‌تواند به‌علت کاهش رشد سلول و ساخت مواد دیواره‌ای باشد (Francois, 1994). همچنین، به‌نظر برخی از پژوهشگران، کاهش طول ساقه‌چه به‌دلیل تأثیر شوری بر فتوسنتز و فرآیندهای جانبی آن می‌باشد (Badger and Unger, 1989). جمالی و همکاران (۲۰۱۶)، گزارش کردند که در شرایط تنش شوری طول ساقه‌چه و ریشه‌چه ارقام کینوا کاهش می‌یابد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین گزارش‌ها حاکی ازکاهش طول گیاه کینوا در اثر تنش شوری است (Arshadullah *et al.*, 2017). تحت تنش شوری عملکرد هورمون سیتوکینین در ریشه‌چه متوقف می‌شود بنابراین طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای اندازه گیری تحمل به تنش شوری در گیاهان مختلف است (Noor *et al.*, 2001). گزارش ها حاکی از آن است که مقدار اندک نمک در برخی گیاهان، سبب افزایش رشد ریشه‌ها گردد که این احتمال بیشتر در مورد گیاهان شورزیست صادق است (Wang *et al.*, 2009).

وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

اثر غلظت‌های نمک بر نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. بین تیمار شاهد تا غلظت ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، تفاوتی در وزن خشک ساقه‌چه مشاهده نگردید ولی با افزایش غلظت نمک، وزن خشک کاهش یافت (جدول ۲). کاهش رشد و تقسیم سلولی در شرایط تنش می‌تواند سبب کاهش وزن خشک ساقه‌چه گردد. یکی دیگر از دلایل کاهش تجمع ماده خشک در گیاه تحت تنش شوری، کاهش غلظت کلروفیل و در نتیجه کاهش ساخت مواد فتوسنتزی لازم جهت رشد می‌باشد. وزن خشک ریشه‌چه در غلظت ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بالاترین مقدار را داشت و با افزایش غلظت نمک، روندی نزولی داشت (جدول ۲) که به‌نظر می‌رسد در غلظت‌های کم نمک، رشد ریشه‌چه بهبود یافته و در غلظت‌های بالا، رو به کاهش می-رود. همچنین می‌توان عنوان کرد که در شرایط شوری، بذر گیاه بیشترین اندوخته غذایی خود را به ریشه‌چه اختصاص می‌دهد تا شاید بتواند از شرایط شوری اجتناب کند. به همین جهت، رشد ریشه‌چه و در نهایت وزن خشک ریشه‌چه افزایش پیدا می‌کند.

سمیت یون‌ها و جذب بیش از حد سدیم، دلیل کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری بوده و افزایش غلظت سدیم و کلر، بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب‌پذیری یونی در غشاء تأثیر گذاشته و منجر به کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد (Shiyab, 2011). از سوی دیگر، کاهش در وزن خشک در پاسخ به شوری می‌تواند در نتیجه کاهش در وزن مواد مصرف شده در بذر و درصد کاهش در مواد ذخیره‌ای بذر باشد (Bavarsadi *et al.*, 2017). وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه ارقام کینوا در شرایط تنش شوری کاهش می یابد (Jamali *et al.*, 2016). در پژوهش‌های دیگر گزارش شده که در شرایط تنش شوری، طول ریشه و ساقه کینوا کاهش می‌یابد (Arshadullah *et al.*, 2017; Panuccio *et al.*, 2014) که همسو با نتایج پژوهش حاضر است.

نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه (ضریب آلومتری)

سطوح مختلف شوری بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه اثرات متفاوتی داشت. نسبت طول ساقه‌چه به ریشه‌چه در تیمار شاهد و غلظت ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. غلظت‌های پایین نمک سبب کاهش نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه گردید ولی در غلظت‌های ۲۰ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری، این نسب افزایش پیدا کرد و در غلظت ۴۰ به حداقل خود رسید.

افزایش ضریب آلومتری بر اثر کاهش در طول ریشه‌چه یا افزایش در طول ساقه‌چه حاصل می‌شود. افزایش ضریب آلومتری در غلظت ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر را می‌توان به‌دلیل افزایش طول ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه عنوان کرد. به نظر می‌رسد که در گیاه کینوا حساسیت ساقه‌چه به شوری بیشتر از ریشه‌چه باشد و از آنجا که در فرآیند جوانه‌زنی ابتدا ریشه‌چه ظاهر می‌شود می‌تواند این گونه استنباط کرد که گیاه کینوا برای فرار از تنش شوری بیشترین اندوخته بذر را برای توسعه ریشه‌چه اختصاص می‌دهد. دلیل دیگر افزایش نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه در شرایط تنش شوری می‌تواند به‌علت کاهش بیشتر طول ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه باشد.

سرعت جوانه‌زنی

سطوح شوری بر سرعت جوانه‌زنی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت (جدول ۱). با افزایش غلظت نمک از سرعت جوانه-زنی کاهش یافت به‌طوری که در غلظت ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر به حداقل خود رسید (جدول ۲).

جمالی و همکاران (۲۰۱۶)، نیز کاهش سرعت جوانه‌زنی ارقام کینوا تحت شرایط شوری را گزارش کرده‌اند (Jamali *et al.*, 2016). که همسو با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. کاهش در سرعت جوانه‌زنی به‌سبب تنش شوری، یک حد بحرانی در مناطق شور می‌باشد بنابراین یکی از مهمترین جنبه‌های زراعی استقرار گیاه، سرعت جوانه‌زدن تعداد مناسب بذر و استقرار آنها در مدت زمانی است که شرایط محیطی مناسب می‌باشد (Ajmal Khan and Gulzar, 2003).

یکنواختی جوانه‌زنی

غلظت نمک بر صفت یکنواختی جوانه‌زنی، اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). با افزایش غلظت نمک، یکنواختی جوانه‌زنی بذر کاهش پیدا کرد (جدول ۲). کاهش یکنواختی جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری، می‌تواند به‌علت کاهش سرعت جذب آب و کاهش سرعت خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه باشد.

مدت زمان لازم تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی

مدت زمان لازم تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف شوری قرار داشت (جدول ۲). با افزایش سطوح شوری، مدت زمان لازم تا ۵۰ درصدجوانه‌زنی نیز افزایش یافت. تیمار شاهد، کمترین و تیمار ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین زمان را نیاز داشت تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرها در آن کامل شود. کاهش پتانسیل آب، علت اصلی تأخیر در جوانه‌زنی بذرها می‌باشد و فرآیند جذب آب تحت شرایط تنش شوری به کندی انجام می‌شود. این می‌تواند دلیل اصلی طولانی بودن زمان جوانه‌زنی بذر باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با وجود این که وجود نمک در محیط سبب کاهش برخی صفات مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه، نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه، یکنواختی جوانه‌زنی و مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی گردید ولی میزان کاهش این صفات در مقایسه با تیمار شاهد ناچیز بود. نتایج بدست آمده نشان داد که رقم Q26 کینوا به غلظت ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر کلرید سدیم متحمل بوده و می‌تواند به راحتی در آن غلظت جوانه بزند، لذا جهت کشت در مناطقی که با مشکل شوری مواجه هستند این رقم نیز می‌تواند پس از ارزیابی در مزارع مختلف و کسب نتایج مطلوب با ملاحظات اقتصادی لازم، جهت کشت در مناطقی که با مشکل شور بودن خاک یا آب مواجه هستند، توصیه گردد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد توأم کود زیستی میکوریزا و کود دامی با افزایش جذب عناصر موجود در خاک و بهبود رشد و توسعه اندام‌های فتوسنتز کننده گیاه، سبب افزایش عملکرد اقتصادی گیاه سیر شده است. همچنین، استفاده از قارچ میکوریزا به تنهایی، افزایش معنی دار صفاتی نظیر عملکرد اقتصادی سیر، وزن سیر، قطر سیر و شمار سیرچه در سیر را به همراه داشته ولی بر ارتفاع سیر اثر معنی‌داری نداشته است. کاربرد کود دامی نیز بر عملکرد اقتصادی سیر، وزن سیر و قطر سیر تأثیر معنی‌داری داشته ولی بر تعداد سیرچه در سیر و ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌داری نداشته است. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تلقیح میکوریزا با عملکرد ۱۲۴۹۷ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش ۵۵ درصدی عملکرد اقتصادی گیاه سیر نسبت به تیمار شاهد شده است. کاربرد سطوح مناسب کود دامی با افزایش مواد آلی خاک، از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و همچنین فراهم نمودن آب قابل دسترس برای رشد متعادل بوته‌ها در کنار تلقیح کود زیستی میکوریزا، توانسته از طریق جذب بهینه عناصر غذایی، سبب افزایش خصوصیات رشدی و عملکرد اقتصادی بوته‌های سیر نسبت به تیمار شاهد گردد. در نهایت، کاربرد ۳۰ و ۳۵ تن در هکتار کود دامی توام با کود زیستی میکوریزا، نتایج مثبت و معنی‌داری بر اکثر صفات مورد اندازه‌گیری داشته که در نتیجه می‌توان آن را با هدف توسعه کشاورزی پایدار و جلوگیری از کاربرد بیش از اندازه کودهای شیمیایی در تولید گیاه سیر، پیشنهاد نمود.

References

Adolf V.I, Jacobsen S.E, Shabala S. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany*. **2013**, 92: 43-54.

Ajmal Khan M, Gulzar S. Light, salinity and temperature effects on the seed germination of perennial grasses. *American Journal of Botany*. **2003**, 90:131-134.

Aloisi I, Parrotta L, Ruiz K.B, Landi C, Bini L, Cai G, Biondi S, Del Duca S. New insight into quinoa seed quality under salinity: changes in proteomic and amino acid profiles, phenolic content, and antioxidant activity of protein extracts. *Frontiers in Plant Science*. **2016**, 18(7):1- 21.

Arshadullah M, Suhaib M, RaheelBaber M.U, Badar-uz-Zaman I.A.M, Hyder S.I. Growth of *Chenopodium quiona* wild under naturally salt affected soils. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*. **2017**, 1(1): 1-3.

Ashraf M. and Harris P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*. **2004**, 160: 3-16.

Ashraf M. and Foolad M.R. Pre-sowing seed treatment a shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*. **2005**, 88: 223-271.

Badger K.S. and Unger I.A. The effect of salinity and temperature on the germination of the inland halophyte *Hordeum japonicum*. *Canadian Journal of Botany*. **1989**, 67: 1420-1425.

Bavarsadi M, Modhej A, Majdam M. Investigation the effect of salinity tension on germination, seedling growth and ionic content of alfalfa genotypes (*Medicago sativa* L.). *Crop Physiology Journal*. **2017**, 9 (35):121-136.

Bhargava A, Shukla S, Ohri D. *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective. *Industrial Crops and Products*. **2006**, 23:73-87.

Delatorre-Herrera J. and Pinto M. Importance of ionic and osmotic components of salt stress on the germination of four quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) selections. *Chilean Journal of Agricultural Research*. **2009**, 69: 477-485.

Ejazrasll A.W. and Rehman A. Germination response of sensitive and tolerant sugarcane lines to sodium chloride. *Seed Science Technology*. **1997**, 25: 465-471.

Fakhri Sh, Rahnama A, Meskarbashi M. Effect of salinity stress on growth and distributions of tissue-specific ion in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*. **2017**, 18(4): 302-318. [In Persian with English Abstract]

FAO. Nutritional value. *International Year of Quinoa*. 2013.

Fischer S, Wilckens R, Jara J, Aranda M, Valdivia W, Bustamante L, Graf F, Obal I. Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. *Industrial Crops and Products*. **2017**, 107: 558-564.

Francois L.E. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal*. **1994**, 86: 233-234.

Fuentes F. and Paredes-Gonzales X. Nutraceutical perspectives of quinoa: biological properties and functional applications. *Chapter 3.5. In FAO & CIRAD, State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013*. **2015**, pp. 286-299.

Gómez-Pando LR, Álvarez-Castro R, De La Barra E. Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd. a promising crop. *Journal of Agronomy and Crop Science*. **2010**, 196: 391-396.

Gul B, Ansari R, Flowers T.J, Khan M.A. Germination strategies of halophyte seeds under salinity. *Environmental and Experimental Botany*. **2013**, 92: 4-18.

Gunes A, Inal A, Alpaslan M, Eraslan F, Bagci E.G, Cicek N. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*. **2007**, 164: 728-736.

Hariadi Y, Marandon K, Tian Y, Jacobsen S.E, Shabala S. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of Experimental Botany*. **2011**, 62:185-193.

Hampton J.G. and Tekrony D.M. Handbook of Vigor test methods. *International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland*. **1995**, 117 p.

Hanson B.R. Electrical conductivity. Agricultural Salinity and Drainage. *International Seed Testing Association (ISTA), News Bulletin, Zurich, Switzerland*. **1997**, No. 124.

Jacobsen S.E, Quispe H, Mujica A. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. *Scientist and Farmer-Partners in Research for the 21st Century, CIP Program Report***. 2001**, 2000: 403-408.

Jacobsen S.E, Jensen C.R, Liu F. Improving crop production in the arid Mediterranean climate. *Field Crops Research*. **2012**, 128: 34-47.

Jamali S, Sharifan H, Hezarjaribi A, Sepahvand N.A. The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of quinoa. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*. **2016**, 6(1):87-98. [In Persian with English Abstract].

Khammari I, Sarani Sh, and Dahmardeh M. The effect of salinity on seed germination and growth in six medicinal plants. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. **2007**, 23: 331-339. [In Persian with English Abstract]

Mamedi A, Tavakkol Afshari R, Sepahvand N.A, Oweyse M. Evaluation of various temperatures on quinoa plant seeds under salinity stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*. **2016**, 46(4): 583-589. [In Persian with English Abstract]

Massai R, Remorin D, Tattini M. Gas exchange, water relation and osmotic adjustment in tow scion/rootstock combinations of *Prunus* under various salinity concentrations. *Plant and Soil*. **2004**, 259:153-162.

Naidoo G. and Naidoo Y. Effects of salinity and nitrogen on growth, ion relations and proline accumulation in *Triglochin bulbosa*. *Wetlands Ecology and Management*. **2001**, 9: 491-497.

Noor E, Azhar F.M, Khan A.L. Differences in responses of *Gossypium hirsutum* L. varieties to NaCl salinity at seedling stage. *International Journal of Agriculture and Biology*. **2001**, 3(4): 345-347.

Orsini F, Accorsi M, Gianquinto G, Dinelli G, Antognoni F, Carrasco K.B.R, Martinez E.A, Alnayef M, Marotti I, Bosi S. Beyond the ionic and osmotic response to salinity in *Chenopodium quinoa*: Functional elements of successful halophytism. *Functional Plant Biology*. **2011**, 38: 818-831.

Panuccio M.R, Jacobsen S.E, Akhtar S.S, Muscolo A. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *Journal of the Annals of Botany Plants*. **2014**, 6:1-18.

Pirasteh Anoshe H, Sadeghi H. Emam, Y. Chemical priming with urea and KNO_3 enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. **2011**, 14: 289-295. [In Persian with English Abstract].

Prado F.E, Boero C, Gallardo M, González J.A. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. seeds. *Botanical Bulletin, Academia Sinica Taipei*. **2000**, 41: 27-34.

Reddy Y.T.N. and Khan M.M. Effect of osmopriming on germination, seedling growth and vigour of khirni (*Mimusops hexandra*) seeds. *Seed Science Research*. **2001**, 29 (1): 24-27.

Ruiz K.B, Biondi S, Oses R, Acuña-Rodríguez I.S, Antognoni F, Martinez-Mosqueira E.A, Coulibaly A, Canahua-Murillo A, Pinto M, Zurita-Silva A, Bazile D. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. **2014**, 34: 349-359.

Ruiz-Carrasco K, Antognoni F, Coulibaly A.K, Lizardi S, Covarrubias A, Martínez E.A, Molina-Montenegro M.A, Biondi S, Zurita-Silva A. Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry*. **2011**, 49:1333-1341.

Shabala S, Hariadi Y, Jacobsen S.E. Genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem Na^+ loading and stomatal density. *Journal of Plant Physiology*. **2013**, 170: 906-914.

Shainberg I. and Oster J.D. Quality of irrigation water. *International Irrigation Information Centre. IIIC Publication No. 2. Bet Dagan, Israel*. **1978**, 65.

Shiyab S. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*. **2011**, 9: 350-356.

Soltani A. and Maddah V. Simple Applied Programs for Education and Research in Agronomy. *Ecological Agriculture Association, Shahid Beheshti University Press*. **2010**, 80 p. [in Persian].

Soltani A, Galeshi S, Zenali E, Latifi N. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology.* **2001**, 30:51-60.

Sun Y, Lindberg S, Shabala L, Morgan S, Shabala S, Jacobsen S.E. A comparative analysis of cytosolic Na^+ changes under salinity between halophyte quinoa (*Chenopodium quinoa*) and glycophyte pea (*Pisum sativum*). *Environmental and Experimental Botany*. **2017**, 141: 154-160.

Vega-Galvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez E.A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **2010**, 90 (15): 2541-2547.

Wang Y, Li K, Li X. Auxin redistribution modulates plastic development of root system architecture under salt stress in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Plant Physiology*. 2**009**, 166(15): 1637-1645.

The effect of salinity stress on traits related to germination of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Agroecology Journal

Vol. 17, No. 2 (41-52)
(Summer 2021)

Hadi Salek Mearaji[1], Afshin Tavakoli[2]✉, Soheila Ghanimati[3], Parvin Kasirlou[4]

1- Ph.D. Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2- Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

3- M.Sc. Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

4- B.Sc graduate, Department of Production Engineering and Plant Genetics, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

✉ tavakoli@znu.ac.ir **(*Corresponding author*)**

Received date: 01.08.2020 Accepted date: 09.07.2021

Abstract

Salinity is one of the most abiotic stress that caused reduce the yield of crops. Quinoa has importance role in human nutrition and high resistance to salinity stress. In order to investigate the effects of salinity stress on germination characteristics of quinoa cultivar Q26, an experiment was conducted based on complete randomized design (CRD) with four replications under laboratory conditions. The treatments consisted of different levels of sodium chloride (0, 4, 8, 12, 16, 20, 30 and 40 dS/m) as salinity stress. Salinity have undesirable effects on traits study such as germination percentage, germination rate, shoot and root length, shoot and root dry weight, stem-to-root ratio (coefficient of allometry), germination uniformity and time to 50 percent germination. The percentage of germination was not significant between control and 30 dS/m treatment, but at 40 dS/m concentration reduced to 75 percent. With increasing salinity levels, the time required for 50 percent seeds germination increased significantly. Germination rate also reduced by salinity levels, significantly. The shoot- to- root ratio decreased with increasing salinity up to 20 dS/m, but reached the maximum at 30 dS/m. The results showed that quinoa cultivar Q26 has high resistance to salinity stress in germination stage, therefore it can be said that this cultivar has a good resistance to salinity of 30 dS/m of sodium chloride and it can be a favorable cultivar for cultivation in saline conditions after field evaluation and according to appropriate climate conditions.

Keywords

- Abiotic stress
- Germination percentage
- Germination rate
- Quinoa
- Salinity tolerance
- Seed

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

10.22034/AEJ.2022.697216

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف شوری بر خصوصیات جوانه زنی کینوا رقم Q26

Table 1. Variance analysis of effect of different salinity concentrations on the germination characteristics of quinoa Q26

Source of Variation	Degrees of freedom	Germination percentage	Shoot length	Root length	Shoot dry weight	Root dry weight	Shoot/ root ratio	Germination rate	Germination uniformity	Time to 50 percent germination
Salinity level	7	216**	609**	1880**	0.107**	0.271**	2.48**	0.009**	552.72**	560.23**
Total Error	24	31.66	14.62	164.89	0.003	0.011	0.23	0.0001	25.04	16.56
C.V (%)	-	6.11	16.72	31.22	16.43	30.18	40.43	9.67	21.17	29.56

*، ** و ns به ترتیب بیانگر معنی‌داری درسطح پنج درصد، یک درصد و عدم معنی‌داری

*,**, and ns represent significant at of 5% and 1% probability level and not significant, respectively.

جدول ۲- مقایسات میانگین اثر غلظت‌های مختلف شوری بر خصوصیات جوانه زنی کینوا رقم Q26

Table 2. Mean comparisons of the effect of different salinity concentrations on the germination characteristics of quinoa Q26

Treatment	Germination percentage (%)	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g)	Shoot/ root ratio	Germination rate	Germination uniformity	Time to 50 percent germination
0 dS/m	96 a	26.05 dc	42.25 c	0.47 a	0.23 cd	2.09 a	0.15 a	-10.47 a	6.5 c
4 dS/m	98 a	29.85 bc	51.55 abc	0.45 a	0.41 b	1.12 bc	0.14 a	-13.56 b	6.69 c
8 dS/m	97 a	36.50 a	62.55 ab	0.47 a	0.74 a	0.64 cd	0.13 b	-20.94 cb	7.59 c
12 dS/m	94 a	33.90 ab	67.05 a	0.40 ab	0.73 a	0.60 cd	0.13 b	-17.74 c	7.61 c
16 dS/m	92 a	25 c	45.85 bc	0.32 bc	0.29 cb	1.16 cd	0.12 b	-22.43 cde	8.31 c
20 dS/m	90 a	21.82 d	40.85 c	0.31 c	0.21 cd	1.60 ab	0.09 c	-24.83 cd	11.04 c
30 dS/m	94 a	9.80 e	12.40 d	0.21 d	0.09 d	2.33 a	0.04 d	-31.10 ed	22.20 b
40 dS/m	75 b	0 f	6.45 d	0 de	0.08 d	0 d	0.02 e	-47.9 e	40.11 a

در هر ستون، سطوح تیماری که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, there is no significant difference between treatments with common letters according to Duncan test.