ارزیابی مولفه‌های جوانه‌زنی لاین‌های مختلف کینوا (*Chenopodium Quinoa Willd*) تحت تنش شوری

چکیده

کاشت گیاهان مقاوم به شوری مانند کینوا از جمله راهکارهای مناسب در جهت افزایش بهره‌وری از آب‌های شور می‌باشد. در همین راستا، به‌منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر لاین‌های مختلف کینوا ، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار ، در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل تنش شوری در پنج سطح (۱، ۱۰ ،۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ دسی زیمنس بر متر) و ۴ لاین (NSRCQC, NSRCQB, NSRCQE, NSRCQG) و ۳ رقم (تیتیکاکا، صدوق و رحمت) کینوا بودند. مؤلفه‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی نهایی، سرعت، زمان و یکنواختی جوانه‌زنی و مؤلفه‌های رشد گیاهچه شامل طول گیاهچه و شاخص طول بنیه گیاهچه و شاخص عرضی بنیه گیاهچه مورد بررسی قرارگرفته شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری سبب کاهش معنی‌داری در صفات جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه شد. علاوه بر این، افزایش شوری باعث افزایش زمان جوانه‌زنی و افزایش شاخص طول بنیه گیاهچه شد. در کل لاین‌ها از تحمل مناسبی تا سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر برخوردار بودند. ولی با افزایش سطح شوری ۴۰ و ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر از میزان تحمل آن‌ها کاسته شد. به طور کلی در تمام سطوح شوری رقم صدوق درصد جوانه‌زنی بالاتر و رقم رحمت بیشترین رشد گیاهچه را نسبت به سایر لاین‌ها داشت.

واژه‌های کلیدی: آب‌های بسیار شور، بنیه بذر، لاین، Chenoppdium quinoa

مقدمه

یکی از مشکلات اساسی تولید محصولات کشاورزی، مواجه شدن گیاهان با تنش شوری بدلیل شرایط شوری بالا در خاک‌های کشاورزی و آب آبیاری می باشد (Xu and Mou, 2016). بسته به شدت و زمان، تنش شوری تغییراتی در روندهای مختلف فیزیولوژیکی و متابولیک ایجاد کرده که نهایتا، تولید محصول را کاهش می‌دهد (James *et al*., 2011). افت عملکرد در تنش شوری، ۲۰ درصد برآورد شده است (Ranjbar *et al*., 2018). هم‌اکنون استفاده از گیاهان و ژنوتیپ‌های مقاوم به این تنش، یکی از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد در هکتار در اراضی شور جهان مطرح است (Ashrafi *et al*., 2015). مصرف کینوا در سال‌های اخیر به طرز چشمگیری افزایش یافته است. این گیاه از لحاظ مقاومت به تنش‌های غیرزنده از جمله تنش آبی و تنش شوری اهمیت فراوانی دارد (Fathi and Kardoni, 2020). تنوع ژنتیکی بالا، تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف، ارزش غذایی خوب و کارایی بالای استفاده از منابع، باعث شده است این گیاه گزینه مناسبی برای استفاده از منابع آب و خاک در مناطق شور باشد (Choukr- Allah *et al*., 2016). کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) گیاهی یکساله، متعلق به زیرخانواده اسفناجیان (Contreras-Jiménez *et al*., 2019)، خانواده تاج‌خروس (Amaranthaceae)، با خواستگاه آمریکای لاتین (Prager *et al*., 2018) با دانه‌هایی با ارزش غذایی بالاست (Bazile *et al*., 2015). دانه‌های کینوا سرشار از منگنز، آهن و پتاسیم، مس، روی و فسفر و نیز ویتامین‌های ای، گروه ب ازجمله ریبوفلاوین، تیامین و نیاسین می‌باشد. این گیاه پروتئین بالاتری نسبت به اکثر غلات داشته و از توازن اسیدآمینه بیشتری برخوردار است (Khalili, 2017). کینوا گیاهی شورزیست اختیاری بوده و قادر است تا شوری سطح دریا (۴۰ دسی‌زیمنس بر متر) را تحمل کند (Adolf *et al*., 2012).

جوانه‌زنی و استقرار مناسب گیاهچه اصولاً به عنوان یکی از عوامل حساس و تعیین کننده در میزان عملکرد به حساب می‌آید (Geshnizjani *et al*., 2018). شوری با ایجاد تنش اسمزی، سمیت یونی و تنش اکسیداتیو اثر نامطلوبی بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه داشته و با تاخیر در شروع جوانه‌زنی افزایش طول دوره جوانه‌زنی را سبب می‌گردد (Acosta-Motos *et al*., 2017; Ibrahim, 2016). در همین راستا پژوهشگران کاهش در سرعت جوانه‌زنی بذور لاسیوروس (Malik *et al*., 2022) و نیز کاهش درصد و شاخص جوانه‌زنی در لوبیا قرمز (Tania *et al*., 2022) را گزارش کردند. جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار بذور کینوا نیز مانند بسیاری از گیاهان زراعی و علف‌های هرز در زمان تنش شوری به تأخیر می‌افتد، با این حساب تحمل و یا حساسیت به شوری بستگی بسیار زیادی به رقم مورد استفاده دارد (Adolf *et al*., 2012). شوری باعث افزایش مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی ۹۰ درصد بذرها، کاهش طول گیاهچه و کاهش تعداد گیاهچه نرمال شد. همچنین اثر ژنوتیپ نیز بر میزان تغییرات این شاخص‌ها متفاوت بود، به‌طوری که میانگین مربوط به درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه در ژنوتیپ تیتیکاکا نسبت به ردکارینا بالاتر بود و زمان لازم برای جوانه‌زنی ۲۵، ۵۰ و ۹۰ درصد بذرها نیز در ژنوتیپ تیتیکاکا پایین‌تر از ژنوتیپ ردکارینا بود که نشان دهنده کم بودن زمان جوانه‌زنی در ژنوتیپ تیتیکاکا بود (Mousavi and Omidi, 2020). در مطالعه‌ای دیگر که تأثیر دو نمک کلریدسدیم و کلریدپتاسیم با غلظت‌های (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ میلی‌مولار) بر روی کینوا واریته CICA مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج نشان داد افزایش شوری تا غلظت ۲۰۰ میلی مولار در هر دو نوع نمک کاربردی، جوانه‌زنی به مقادیر بالاتر از ۹۰ درصد رسید و پس از ۳۰۰ میلی‌مولار نمک، سرعت و جوانه‌زنی نهایی کاهش یافت (Buedo and González, 2020). بنابراین بررسی‌های انجام شده بیانگر آن است که شوری باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی شده، به همین علت بررسی اثر تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی آزمون قابل اطمینانی در ارزیابی تحمل به شوری بسیاری از گونه‌ها می‌باشد. از طرفی دیگر شناسایی ژنوتیپ‌های مختلف متحمل در پاسخ به این فاکتورها حایز اهمیت بوده و می‌تواند کارایی آن‌ها را در برنامه‌های به‌زراعی و به‌نژادی افزایش دهد. لذا در این مطالعه مولفه‌های جوانه‌زنی هفت لاین کینوا در پاسخ به تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در آزمایشگاه مرکز ملی تحقیقات شوری استان یزد، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار در سال ۱۳۹۸ اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ۴ لاین (NSRCQC, NSRCQB, NSRCQE, NSRCQG) و ۳ رقم (تیتیکاکا، صدوق و رحمت) و سطوح شوری (۱، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. لاین‌های بذور از مرکز ملی تحقیقات شوری و سطوح مختلف شوری از رقیق سازی آب رودخانه گاوخونی واقع در استان یزد با استفاده از آب شهری (۱ دسی‌زیمنس بر متر) تهیه شدند. آنالیز آب استفاده شده در این آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. برای سطح ۱ یا شاهد از آب شهری استفاده شد.

جدول ۱- کیفیت آب آبیاری مورداستفاده

Table 1. Analysis of applied water quality

هدایت الکتریکی	نسبت جذب سدیم	کلسیم	منیزیم	سدیم
EC	SAR	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}
($dS.m^{-1}$)		($meq\ l^{-1}$)	($meq\ l^{-1}$)	($meq\ l^{-1}$)

۵/۴	۱/۶	۳	۳/۵	۱
۵۵	۱۵	۳۵	۱۱	۱۰
۱۱۰	۳۰	۷۰	۱۵/۵	۲۰
۱۷۰	۴۵	۱۰۰	۱۹/۹	۳۰
۲۱۰	۷۸	۱۶۰	۱۹/۲۵	۴۰
۲۵۰	۱۰۰	۲۱۰	۲۰/۱	۵۰

۲۵ عدد بذر روی کاغذ صافی واتمن درون هر پتری‌دیش قرار داده شد و ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های شوری تهیه شده، به پتری‌دیش‌های ۹ میلی‌متری تزریق گردید. به منظور جلوگیری از تبخیر آب، پتری‌دیش‌ها در داخل سینی که با پارچه مرطوب پوشیده شده بود گذاشته و روی آن سلفون کشیده شد تا رطوبت زیر پلاستیک حدود ۱۰۰ درصد حفظ شود. سپس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در داخل ژرمیناتور در شرایط ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار گرفتند. بذور جوانه‌زده به صورت شمارش روزانه به مدت ۱۴۰ ساعت انجام گردید و ظهور ریشه‌چه به طول دو میلیمتر به عنوان شروع جوانه‌زنی در نظر گرفته می‌شود و کار شمارش تا ثابت شدن درصد جوانه‌زنی ادامه یافت. با ثابت شدن جوانه‌زنی، صفات مورد مطالعه اندازه‌گیری شدند.

شاخص‌های جوانه‌زنی براساس معاله‌های زیر محاسبه گردیدند:

(۱) جوانه‌زنی نهایی (Anonymous, 2003).

$$FGP^{\pm} \frac{n}{N} X\ 100$$

N : تعداد گیاهچه‌های سبز شده، N: تعداد کل بذور کشت شده در هر پتری

(۲) مدت زمان لازم برای ۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی از طریق دورن‌یابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه گردید.

$$Dn=ti+[(\frac{N}{2}-ni)(tj-ti)/(nj-ni)]$$

N: جوانه‌زنی نهایی، ni و nj : تعداد بذور جوانه‌زده در مدت زمان بین tj- ti (Coolbear,1984).

(۳) سرعت جوانه‌زنی (بر ساعت) (Soltani *et al.*,2001).

$$R50=\frac{1}{D50}$$

D50: مدت زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی

(۴)یکنواختی جوانه‌زنی (Soltani *et al.*, 2001).

$$EU= D90 – D10$$

[1] Final germination

D90 و D10: به ترتیب مدت زمان لازم برای ۹۰ و ۱۰ درصد جوانه‌زنی (Coolbear, 1984).

پایان آزمایش جوانه‌زنی، طول گیاهچه اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه قرار داده شده و پس از اطمینان از خشک شدن نمونه، با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. سپس شاخص وزنی و طولی بنیه گیاهچه محاسبه شد (Pasandideh *et al*., 2014).

(۵)شاخص طولی بنیه گیاهچه

$$SVI=\frac{GP}{SL}$$

GP: جوانه‌زنی، SL: طول گیاهچه

(۶) شاخص وزنی بنیه گیاهچه

$$SVI2=\frac{GP}{SDW}$$

GP: جوانه‌زنی، SDW: وزن خشک گیاهچه

در نهایت تجزیه واریانس داده ها توسط نرم افزار آماری SAS، اثر متقابل با روش برش‌دهی فیزیکی و و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی نهایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع لاین و اثر متقابل تنش شوری و نوع لاین در سطح یک درصد بر میزان درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین کاهش معنی‌داری در میزان جوانه‌زنی نهایی با افزایش تنش شوری را در لاین‌ها نشان داد. بطوری‌که بیشترین میزان جوانه‌زنی در تیمار شوری شاهد و کمترین میزان را سطح شوری ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر در تمامی لاین‌ها دارا بود (شکل ۱). افزایش تنش شوری تا سطح ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر، کاهش ۹۵، ۹۳/۸۷، ۸۹ درصد جوانه‌زنی به ترتیب در لاین‌های NSRCQC، NSRCQE، رقم صدوق و کاهش ۱۰۰ درصدی در لاین‌های NSRCQB، Titicaca، رقم رحمت، NSRCQG را باعث گردید. همچنین شوری تا سطح ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش ۹۶ و ۹۴ درصد را در لاین NSRCQB، و رقم رحمت و تا سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش ۷ و ۱۶/۴۹ را در لاین های Titicaca و NSRCQG داشت. به این ترتیب تا سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر، تمامی لاین‌ها میزان جوانه‌زنی بالایی را داشتند. اما با افزایش سطوح تنش شوری (۴۰ و ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر) کاهش قابل توجهی پیدا کرد و در برخی از لاین‌ها به صفر رسید. بطورکلی لاین‌های NSRCQC، NSRCQE و رقم صدوق از توان جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند. شوری با ایجاد محدودیت در جذب آب بـه وسیله‌ی بذر و همچنین تأثیر مسـتقیم بر رشد جنین از طریق ممانعت از طویـل شـدن محور جنینی، تعداد بذور جوانـه‌زده را تحـت تـأثیر قـرار می‌دهد (Jamali *et al*., 2016). در پژوهشی مشابه در کینوا نیز پژوهشگران گزارش کردند درصد جوانه‌زنی بین تیمار شاهد تا غلظت ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری تفاوتی نداشت ولی در غلظت ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش و به ۷۵ درصد رسید (Salek Mearaji *et al*., 2019).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد ارزیابی کینوا (*Chenopodium quinoa*) در مرحله جوانه‌زنی تحت سطوح مختلف شوری و نوع لاین

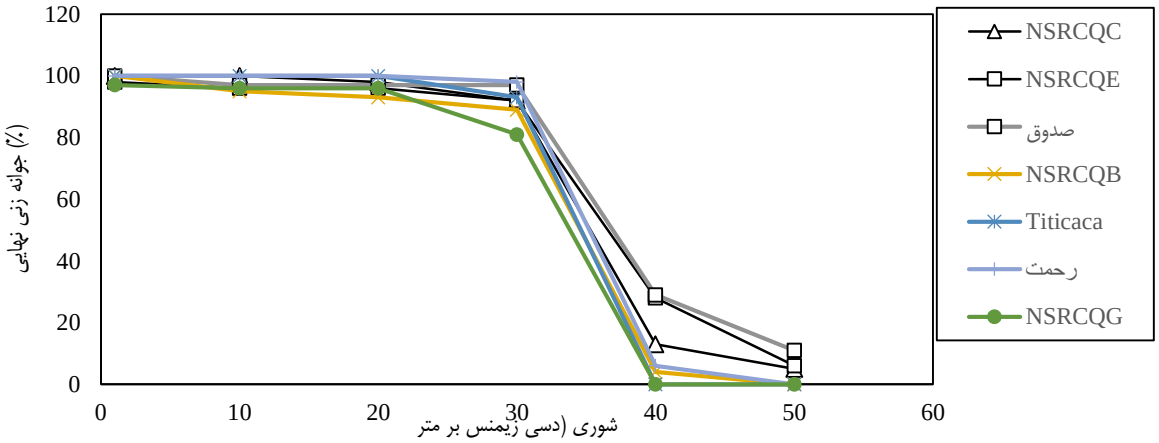
منابع تغییرات	درجه آزادی	جوانه‌زنی نهایی	زمان تا ۵ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی
شوری	۵	۲۸۲/۸**	۶۳۷/۴**	۵۸۷/۲**	۱۴۴۹/۲**	۲۰۲۷/۱**	۲۳۷۴/۶**
نوع لاین	۶	۵۹۷۰۴/۷**	۴۲۳۷/۱**	۳۵۸۳/۶**	۸۵۹۱/۳**	۱۶۸۶۳/۶**	۱۹۰۵۵/۴**
شوری × نوع لاین	۳۰	۱۱۸/۹**	۱۵۰۸/۱**	۱۳۳۵/۷**	۲۶۱۶/۴**	۳۰۷۷/۵**	۳۱۹۴/۲**
خطای آزمایش	۱۲۶	۱۸/۵	۱۲	۴/۹۹	۴۶/۵	۷۵	۱۰۰/۶
درصد تغییرات		۶/۵	۱۹/۵	۱۲/۱	۲۴/۷	۲۱/۶	۲۳/۱

** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد می باشد.

جدول ۲. ادامه

منابع تغییرات	درجه آزادی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	طول گیاهچه	شاخص طولی بنیه گیاهچه	شاخص وزنی بنیه گیاهچه
شوری	۵	۰/۰۱۳**	۴۹۳۷/۰**	۱۶/۱**	۱۷۵/۸**	۱۹/۱**
نوع لاین	۶	۰/۰۶۴**	۲۹۷۹۴/۶**	۵۱۰/۱**	۲۳۴۲/۶**	۱۴۴/۰**
شوری × نوع لاین	۳۰	۰/۰۰۱۶**	۲۰۴۵۹/۲**	۳/۱**	۱۲۴/۸**	۶/۹**
خطای آزمایش	۱۲۶	۰/۰۰۰۰۴	۲۴/۱	۱/۱	۱۲۶	۰/۳۸
درصد تغییرات		۱۲/۳	25.6	۲۱/۱	۲۲/۰	۲۱/۰

** بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد می باشد.

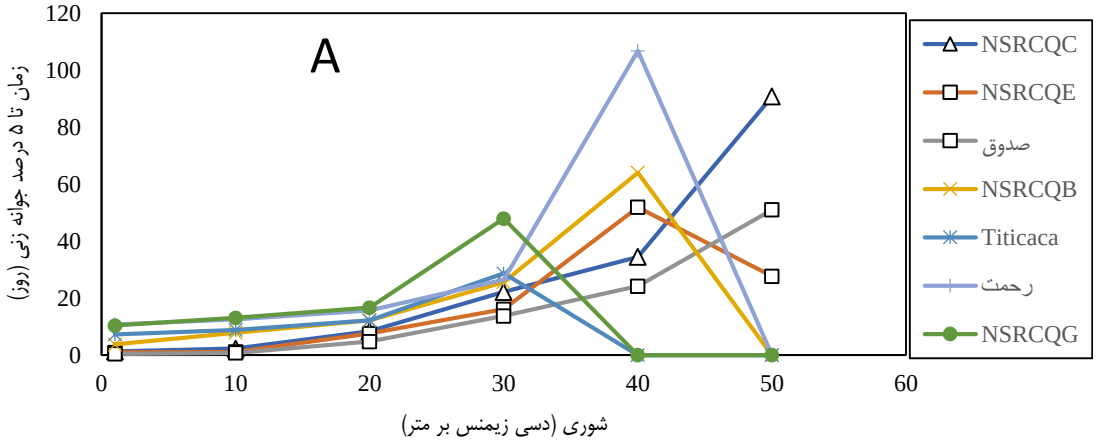


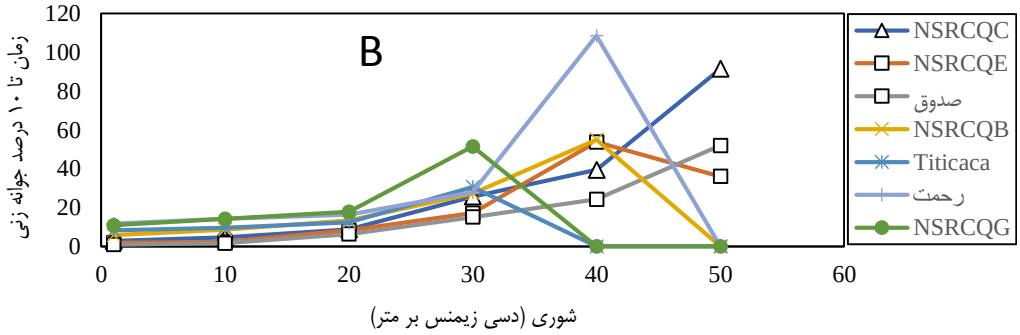
شکل ۱. اثرات متقابل شوری و نوع لاین بر جوانه‌زنی نهایی کینوا (Chenopodium quinoa)

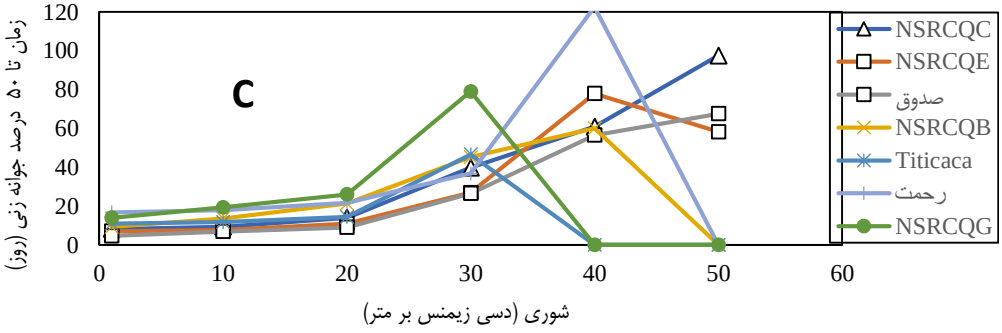
زمان تا درصد جوانه‌زنی (۵، ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵)

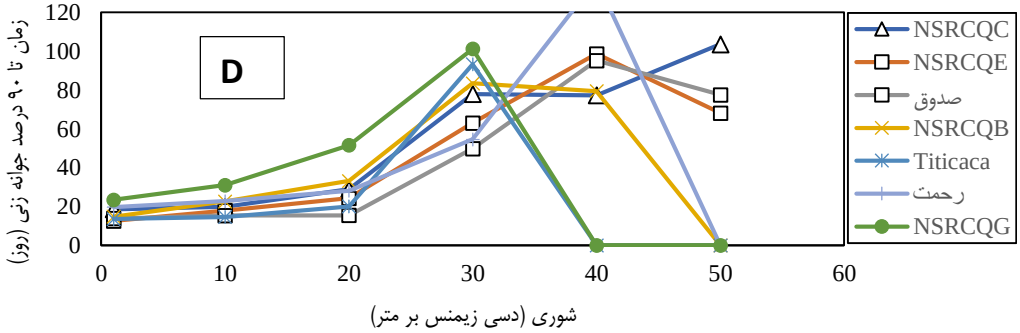
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع لاین و اثر متقابل تنش شوری و نوع لاین در سطح یک درصد بر میزان زمان درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (جدول ۲).

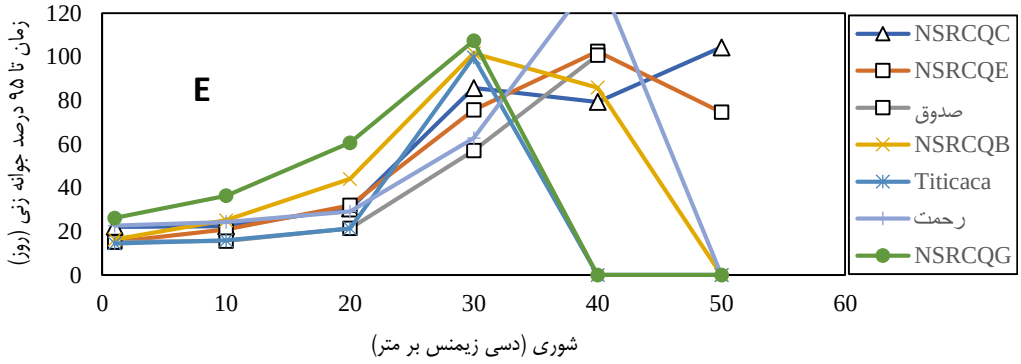
نتایج مقایسات میانگین افزایش معنی‌داری در میزان زمان درصد جوانه‌زنی با افزایش تنش شوری را در لاین‌ها نشان داد. بطوری‌که کمترین میزان زمان جوانه‌زنی در تیمار شوری شاهد و بیشترین میزان را سطح شوری ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر در تمامی لاین‌ها دارا بود (شکل ۲). رقم صدوق کمترین میزان (۰/۴۵) ساعت تا ۵ درصد جوانه‌زنی در تیمار شوری شاهد و رقم رحمت بیشترین میزان (۱۰۸/۸) ساعت را در تیمار شوری ۴۰ دسی‌زیمنس برمتر داشتند (شکل ۲(A)). رقم صدوق کمترین میزان (۰/۹۲) ساعت تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی در تیمار شوری شاهد و رقم رحمت بیشترین میزان (۱۰۸/۵) زمان را در تیمار شوری ۴۰ دسی‌زیمنس برمتر داشتند (شکل ۲(B)). رقم صدوق کمترین میزان (۴/۶) زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در تیمار شوری شاهد و رقم رحمت بشترین میزان (۱۲۲/۵) زمان را تیمار شوری ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر داشتند (شکل ۲(C)). لاین NSRCQE کمترین میزان (۱۲/۴۹) زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی در تیمار شوری شاهد و رقم رحمت بیشترین میزان (۱۳۶/۵) زمان را تیمار شوری ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر داشتند (شکل ۲(D)). لاین Titicaca کمترین میزان (۱۴/۴) زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی در تیمار شوری شاهد و رقم رحمت بیشترین میزان (۱۳۸/۵) زمان را تیمار شوری ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر داشتند (شکل ۲(E)). در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نیز تیمار شاهد با میزان ۲۳/۲۱ بیش ترین مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص داده و با افزایش سطوح شوری، مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی افزایش یافت (Ashrafi and razmjo, 2013).


A
زمان تا ۵ درصد جوانه زنی (روز)
شوری (دسی زیمنس بر متر)
NSRCQC
NSRCQE
صدوق
NSRCQB
Titicaca
رحمت
NSRCQG


B
زمان تا ۱۰ درصد جوانه زنی
شوری (دسی زیمنس بر متر)
NSRCQC
NSRCQE
صدوق
NSRCQB
Titicaca
رحمت
NSRCQG


C
زمان تا ۵۰ درصد جوانه زنی (روز)
شوری (دسی زیمنس بر متر)
NSRCQC
NSRCQE
صدوق
NSRCQB
Titicaca
رحمت
NSRCQG

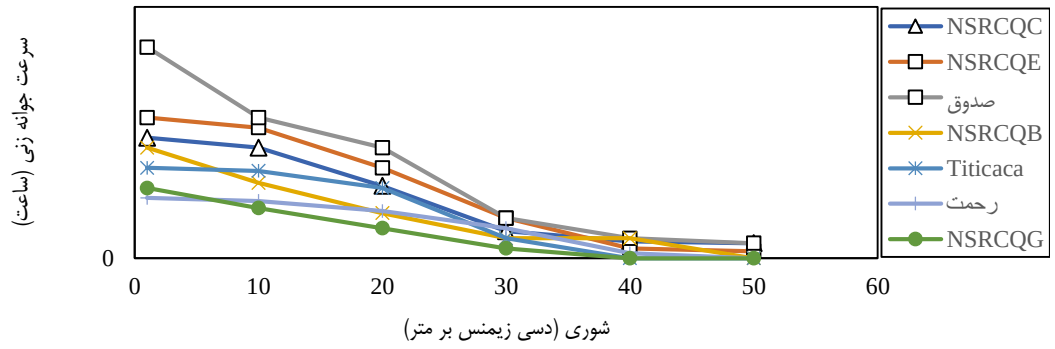

D
زمان تا ۹۰ درصد جوانه زنی (روز)
شوری (دسی زیمنس بر متر)
NSRCQC
NSRCQE
صدوق
NSRCQB
Titicaca
رحمت
NSRCQG



شکل ۲. اثرات متقابل شوری و نوع لاین بر زمان (ساعت) تا درصد جوانه‌زنی (۵*(A)*، ۱۰*(B)*، ۵۰*(C)*، ۹۰*(D)* و ۹۵*(E)*) کینوا (*Chenopodium quinoa*)

سرعت جوانه‌زنی

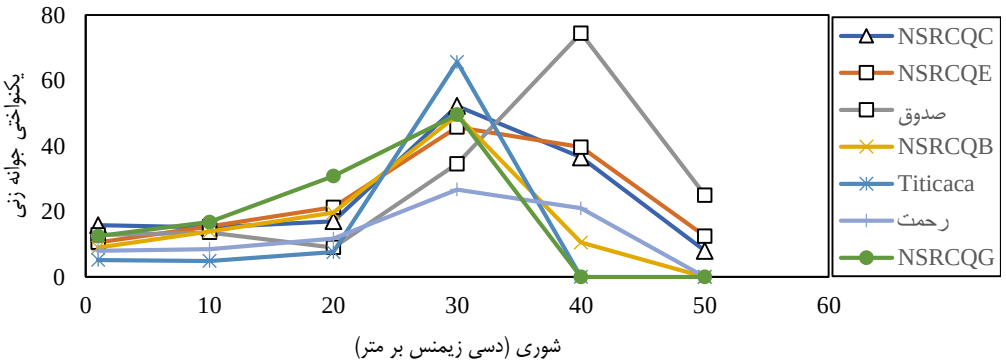
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع لاین و اثر متقابل تنش شوری و نوع لاین در سطح یک درصد بر میزان سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد با افزایش سطح شوری میزان سرعت جوانه‌زنی کاهش یافته و بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین میزان سرعت (۰/۱۲) را رقم صدوق در سطح شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر دارا بود. همچنین نسبت به بقیه ارقام از پایداری بهتری در کاهش سرعت جوانه‌زنی در سطوح برخوردار بود. در کل برای فعالیت‌های حیاتی و به دنبال آن جوانه‌زنی، بایستی آب به میزان کافی توسط بذر جذب گردد. اگر جذب آب دچار اختلال شود و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت‌های فیزیولوژیکی داخل بذر نیز به‌آرامی انجام شده و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و به عبارتی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Baskin and Baskin. 2001). همچنان که در پژوهشی مشابه نیز با افزایش غلظت نمک، سرعت جوانه‌زنی کینوا کاهش یافت. بطوریکه سرعت جوانه‌زنی بذور کینوا رقم‌های تیتیکاکا و ردکاردینا در تنش شوری آب ۱۱ دسی زیمنس بر متر نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش شوری آب) به ترتیب ۵۰/۹ و ۶۳/۶ درصد کاهش داشت (Seilsepour, 2021)



شکل ۳. اثرات متقابل شوری و نوع لاین بر سرعت جوانه‌زنی کینوا (*Chenopodium quinoa*)

یکنواختی جوانه‌زنی

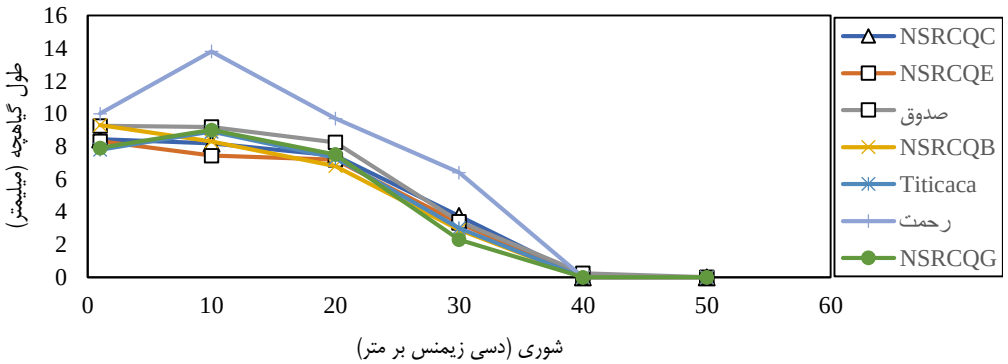
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع لاین و اثر متقابل تنش شوری و نوع لاین در سطح یک درصد بر میزان یکنواختی جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد با افزایش سطح شوری میزان یکنواختی جوانه‌زنی افزایش یافته و بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بطوریکه با افزایش غلظت نمک تا سطح ۳۰ دسی زیمنس بر متر در همه ارقام یکنواختی جوانه‌زنی بذر روند صعودی داشته و در ادامه افزایش شوری تا سطح ۴۰ و ۵۰ بیشتر لاین‌ها روند نزولی مشاهده شد. ۴۰ و ۵۰، در لاین NSRCQC کاهش ۰۲/ ۳۰ و ۸۴/۶۸، لاین NSRCQE کاهش ۱۳ و ۷۲/۶۹ مشاهده شد. لاین رقم صدوق تا سطح ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر روند صعودی و سپس با کاهش ۶۶/۴۴ درصدی در سطح ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر، روند نزولی پیدا کرد. لاین‌های NSRCQB، Titicaca و NSRCQG، NSRCQG نیز تا سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر ابتدا روند صعودی و سپس روند رو به کاهش را داشتند. به طوری‌که لاین NSRCQB و رقم رحمت کاهش ۷۸/۷۳ و ۲۱/۳۴ درصد را با افزایش تنش شوری داشتند (شکل ۴). با توجه به اینکه هر چه عدد مربوط به یکنواختی جوانه‌زنی کمتر باشد، نشانگر یکنواختی جوانه‌زنی بیشتر است (Soltani *et al.*,2002). بنابراین افزایش عدد یکنواختی، جوانه‌زنی بذور نشان از افزایش غیر یکنواختی جوانه‌زنی است. به این ترتیب تمامی تیمارها تا سطح شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر روند افزایشی داشتند، بنابراین از غیر یکنواختی برخوردار بودند، ولی در سطح ۴۰ و ۵۰ روند لاین‌های NSRCQC، NSRCQE،رقم صدوق NSRCQB و رقم رحمت روند کاهشی داشته و از یکنواختی برخوردار بودند. در کل لاین Titicaca در سطح شاهد (۵/۲) بیشترین یکنواختی را دارا بود. پژوهشگران گزارش کردند، کاهش یکنواختی جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری می‌تواند به علت کاهش سرعت جذب آب و کاهش سرعت خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه باشد (Salek Mearaji *et al.*, 2019) همچنان که در پژوهشی اثر متقابل شوری و اکوتیپ‌های بابونه در یکنواختی جوانه‌زنـی ابتدا با افزایش شوری، روند صعودی داشته و سپس در همه اکوتیپ‌ها به جز اکوتیپ پرسو با رسیدن سـطح تنش به ۱۲ دسی‌زیمنس از یکنواختی جوانه‌زنی به شدت کاسـته شد (Jahanbakhish et al., 2019).



شکل ۴. اثرات متقابل شوری و نوع لاین بر یکنواختی جوانه‌زنی کینوا (*Chenopodium quinoa*)

طول گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع لاین و اثر متقابل تنش شوری و نوع لاین در سطح یک درصد بر طول گیاهچه معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد با افزایش سطح شوری میزان طول گیاهچه کاهش یافته و بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بطوریکه با افزایش غلظت نمک تا سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در تمامی لاین ها و ارقام روند نزولی داشت (شکل ۵). شوری باعث کاهش ۵۵/۵۱ درصد لاین NSRCQC، ۶۰/۰ درصد لاین NSRCQE، ۶۸/۸۱ درصد لاین NSRCQB، ۶۱/۵۳ درصدی رقم تیتیکاکا، ۳۶ درصدی رقم رحمت ، ۷۰/۸ درصد لاین NSRCQG و ۶۳/۲ درصد رقم صدوق شد. رقم صدوق نسبت به سایر لاین‌ها از پایداری بالاتری برخوردار بود، به طوریکه تا تنش ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر شوری را تحمل نمود. افزایش شوری تا سطح ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر کاهش ۹۷/۲۹۹ نسبت به شاهد در طول گیاهچه را داشت. این در حالی بود که در سایر لاین‌ها به ۱۰۰ درصد رسید درکل رقم رحمت در سطح شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین طول گیاهچه را دارا بود. در مطالعات گزارش شد تنش شوری موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و تأخیر در ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه و درنهایت کاهش رشد گیاهچه می شود (Shakarami *et al*.,2010). هم چنان که در پژوهش حاضر، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد. بنابراین کاهش رشد گیاهچه را می‌توان به این ترتیب توجیه نمود. هم راستا با این نتایج، پژوهشگران در کینوا، با افزایش شوری (۰، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰) تا سطح ۳۰۰ میلی‌مولار ۱۸/۱درصد کاهش در طول گیاهچه را گزارش کردند (Karami *et al*., 2020).

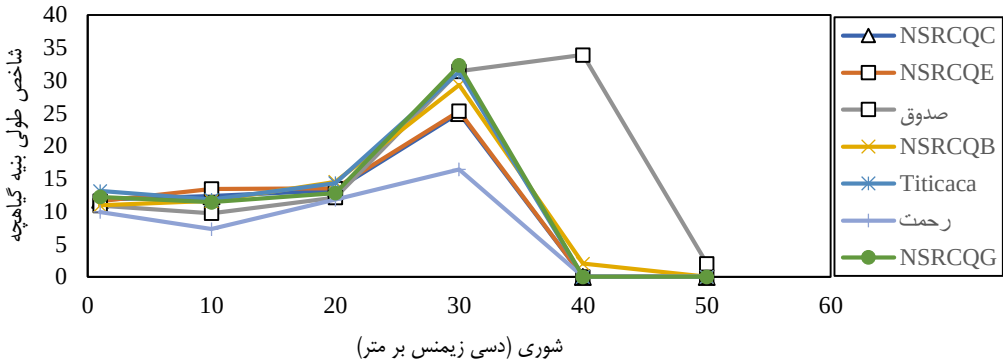


شکل ۵: اثرات متقابل شوری و نوع لاین بر طول گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa*)

شاخص طولی بنیه گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع لاین و اثر متقابل تنش شوری و نوع لاین در سطح یک درصد بر شاخص طولی بنیه گیاهچه معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد با افزایش سطح شوری میزان شاخص طول بنیه گیاهچه افزایش یافته و بین ارقام مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۶) . بطوریکه با افزایش غلظت نمک تا سطح ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر تمامی لاین‌ها روند صعودی داشتند با افزایش غلظت نمک تا سطح ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر لاین NSRCQB روند کاهشی داشت و در سطح شوری ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر لاین رقم صدوق ، ابتدا روند افزایشی و سپس کاهشی را دارا بود. همچنین لاین مذکور بالاترین میزان شاخص طولی بنیه گیاهچه (۳۳/۹) را در مقایسه با سایر لاین‌ها داشت. در شوری ۴۰ و ۵۰ این شاخص در بقیه لاین‌ها به صفر رسید. شاخص طولی بنیه بذر از با دو مولفه درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه مرتبط است. با نظر به اینکه در پژوهش حاضر ، با افزایش شوری هر دو مولفه کاهش پیدا کرده. بنابراین کاهش در میزان

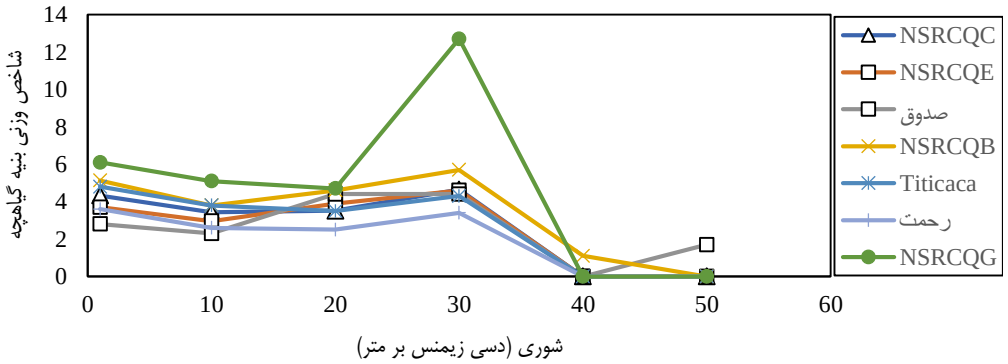
شاخص طولی بنیه بذر قابل اانتظار می‌باشد. در پژوهشی دیگر نیز خصوصیات جوانه‌زنی بذر کینوا تحت تأثیر توأم رقم و تنش شوری قرار گرفتند به طوری که بیشترین میزان بنیه بذر(۱۰/۷۴) در شرایط بدون تنش و رقم Titicaca مشاهده گردید (Ansari Ardali *et al*., 2021).



شکل۶: اثرات متقابل شوری و نوع لاین بر شاخص طولی بنیه گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa*)

شاخص وزنی بنیه گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثرات ساده سطوح مختلف تنش شوری، نوع لاین و اثر متقابل تنش شوری و نوع لاین در سطح یک درصد بر شاخص وزنی بنیه گیاهچه معنی‌دار بودند (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد، شاخص وزن بنیه گیاهچه ابتدا روند کاهش داشت ولی با افزایش شوری میزان شاخص وزن بنیه گیاهچه افزایش یافت. (شکل ۷). بطوری‌که با افزایش سطح شوری تا سطح ۲۰ دسی زیمنس‌بر متر رقم صدوق ۱۷/۸۵ درصد و۳۰ دسی‌زیمنس بر متر در لاین‌هایNSRCQC ، NSRCQE ، Titicaca، رقم رحمت و لاین NSRCQG به ترتیب ۱۸/۹۳، ۲۰، ۲۷/۰۸، ۳۰/۵۵، ۲۲/۹۵ درصد و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر در لاین NSRCQB ۱۰/۳۳ درصد کاهش میزان ابتدا روند نزولی را داشتند. سپس با افزایش شوری روند صعودی را داشتند. رقم صدوق و لاین NSRCQB بعد از روند صعودی، مجددا روند نزولی به ترتیب با ۳۹/۲۸ و ۷۸/۵۵ درصد کاهش با افزایش شوری تا سطح ۵۰ و ۴۰ دسی‌زیمنس بر متر داشتند. در حالی که بقیه لاین‌ها با افزایش سطح شوری به ۴۰ و ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر به صفر رسید. بیشترین میزان شاخص وزن بنیه گیاهچه را لاین NSRCQG در سطح شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر دارا بود.



شکل۷: اثرات متقابل شوری و نوع لاین بر شاخص وزن بنیه گیاهچه کینوا (*Chenopodium quinoa*)

نتیجه گیری کلی

افزایش شوری اثرات کاهشی بر صفات جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه ارقام مختلف کینوا داشت. علاوه بر این، بیشترین زمان جوانه‌زنی و افزایش شاخص وزن بنیه گیاهچه را نیز باعث گردید. تمامی لاین‌ها تا شوری ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر از تحمل به شوری خوبی برخوردار بودند ولی با افزایش سطح شوری ۴۰ و ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر از میزان تحمل کاسته شد. تنوع زیادی بین لاین‌ها از نظر سرعت جوانه زنی و رشد گیاهچه برخوردار بود. در میان لاین‌ها، رقم صدوق از سرعت جوانه‌زنی و بنیه خوبی برخوردار بود. بطوریکه تا سطح ۴۰ و ۵۰ دسی‌زیمنس در برخی صفات بیشترین میزان را داشت. به این ترتیب. به نظر می‌رسد مناطقی که با بالابودن میزان شوری منابع آبی مواجه هستند کاشت چنین ارقامی می‌تواند کمک شایانی در مدیریت بهتر خسارت ناشی از این تنش و بهبود استقرار اولیه داشت.

Evaluation of Germination Components of Different Quinoa Lines (Chenopodium Quinoa Willd.) Under Salt Stress

Planting halophyte plants such as quinoa (Chenopodium quinoa Willd) is one of the best ways to increase the productivity of salty water. In this regard, in order to evaluate the effect of salinity stress on different lines of quinoa, a factorial experiment was carried out in the form of a completely randomized design in four replications in 2018.Experimental treatments include salt stress at five levels (control, 10, 20, 30, 40 and 50 dS/m) and four lines (NSRCQC, NSRCQE, NSRCQB, NSRCQG) and three cultivars (Titicaca , Sadogh, Rahmat) of quinoa. Germination components including final germination percentage, speed, time and uniformity of germination and seedling growth components including seedling length, seedling vigor length index and seedling vigor wieght index were investigated.The results showed that the increase in salinity level had a significant decrease in germination traits, germination speed and seedling length. in addition, the increase salt caused an increase in germination time and an increase in seedlinvigor length index.In general, the lines had good tolerance up to the level of 30 dS/m. But with the increase of salinity level of 40 and 50 decisiemens their tolerance decreased. Among the lines, the NSRCQD line had good tolerance and stability. So that up to the level of 40 and 50 dS/m, it had the highest amount in some traits.

Key words: Chenopodium quinoa, Hyper saline water, Line, Seed germ

References

Acosta-Motos J. R., M. F. Ortuño, A. Bernal-Vicente, P. Diaz-Vivancos, M. J. Sanchez-Blanco and J.A. Hernandez. 2017. Plant sesponses to salt stress: Adaptive Mechanisms. Agronomy. 7(1): 18-57. ##

Adolf, V.I., Jacobson, S.E. and Shabala, S. 2012. Salt tolerance mechanism in quinoa (Chenopodium quinoa Willd). Environ. Exp. Bot. 92: 43-54. ##

Anonymous. 2003. Hand Book for Seedling Evaluation (3rd. ed.). International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland. ##

Ansari Ardali, S., Nabipour, M., Roshanfekar, H ,. Bagheri, M. 2021. Evaluation of quinoa (Chenopodium quinoa Wild.) cultivars in saline conditions using germination indices in controlled environment. Environmental stresses in agricultural sciences. 14(9): 475-485. [In Persian with English abstract]. ##

Ashrafi, E., Razmjoo, J., Zahedi, M. 2015. The effect of salt stress on biochemical traits and relation with salt tolerant of alfalfa cultivars in field. Applied field crop research. 28(4): 43-56. [In Persian with English abstract]. ##

Baskin, C.C. and Baskin, J.M. 2001. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, San Diego, California, 666p. ##

Bazile, D., Bertero, H. D., and Nieto, C. 2015. State of the art report on quinoa around the world in 2013. ##

Buedo, S. E., González, J. A. 2020. Effect of salinity stress on quinoa germination. Influence of ionic and osmotic components. Emirates Journal of Food and Agriculture. 32(8): 577-582. ##

Choukr-Allah, R., Rao, N. K., Hirich, A. M., Shahid, A., Alshankiti, K., 2016. Quinoa for Marginal Environments: Toward Future Food and Nutritional Security in MENA and Central Asia. Frontiers in Plant Science. 7(346): 1-11. ##

Contreras-Jiméneza, B., Torres-Vargas, O.L., Rodríguez-García, M.E. 2019. Physicochemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and isolated starch. Food Chemistry, 298: 1-7. ##

Coolbear, P. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. J. Exp. Bot. 35:1609- 1617. ##

Fathi, A., Kardoni, F. 2020. The importance of quinova cultivation in developing countries. Cercetari Agronomice in Moldova. . 3(183): 337-356. ##

Geshnizjani, N., Ghaderi-Far, F., Willems, L.A., Hilhorst, H.W. and Ligterink, W. 2018. Characterization of and genetic variation for tomato seed thermo-inhibition and thermodormancy. BMC Plant Biology. 18, 229. ##

Ibrahim, E.A. 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. Journal of Plant Physiology. 192: 38-46. ##

Malik, J.A., AlQarawi, A.A., AlZain, M.N., Dar, B.A., Habib, M.M., Ibrahim, S.N.S. 2022. Effect of Salinity and Temperature on the Seed Germination and Seedling Growth of Desert Forage Grass *Lasiurus scindicus* Henr. 14(8387): 1- 17. ##

Mousavi, S. E., Omidi, h. 2020. Investigation of germination and growth indicators of quinoa under salt stress. 10(34): 25-32. [In Persian]. ##

Jahanbakhish, S., parmoon, GH., and Joudi, . 2019. Effect drought and salt stress on germination, establishment and antiocidant enzyme activity different ecotypes chamomile (Matricaria chamomilla L). plant process and function, 8:3. 1-19. [In Persian with English abstract]. ##

Jamali, S., Sharifan, H., Hezarjaribi, A., Sepahvand, N. A. 2016. The effect of different levels of salinity on germination and growth indices of two cultivars of Quinoa. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 6(1): 87-97. [In Persian with English abstract]. ##

James, R. A., Blake, C., Byrt, C. S., Munns, R. 2011. Major genes for Na+ exclusion, Nax1 and Nax2 (wheat HKT1; 4 and HKT1; 5), decrease Na+ accumulation in bread wheat leaves under saline and waterlogged conditions. Journal of Experimental Botany, 62: 2939-2947. ##

Karami, R., Ebrahimi, F., Balochi, H.R., and Babaizarch, M. J. 2020. Improvement of germination and seedling characteristics of two quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)cultivars Under the influence of salicylic acid and salt stress. Journal of Seed Research. 10(1):53-66. [In Persian]. ##

Khalili, S. 2017. Effect of salinity, phosphorus and zinc stress on quinoa plant growth. MSc dissertation. Faculty of Agricultural Sciences, Shahid University, Tehran, Iran. [In Persian]. ##

Pasandideh, H., Sharifi, R.S., Hamidi, A., Mobasser, S., Sedghi, M., 2014. Relationship of seed germination and vigour indices of commercial soybean (Glycin max (L.) Merr.) cultivars with seedling emergence in field. Iranian Journal of Seed Science and Research 1, 29-50. [In Persian with English abstract]. ##

Prager, A., Munz, S., Nkebiwe, P., Mast, B. and Graeff-Honninger, S., 2018. Yield and quality characteristics of different quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) cultivars grown under field conditions in Southwestern Germany. Agronomy 8: 197-216. ##

Salek Mearaji, H., Tavakoli, A., Ghanimati, S., Kasirlou, P. 2019. The effect of salinity stress on traits related to germination of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Agroecology Journal, 15:3. 59-69. [In Persian with English abstract]. ##

Seilsepour,M. 2021. Effects of Different Water Salinity Levels on Germination Characteristics of Two Quinoa Cultivars (*Chenopodium quinoa* Willd). Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Sci.). 35(3): 287-301. [In Persian with English abstract]. ##

Shakarami, B., Dianati-Tilaki, Gh., Tabari M., Behtari, B., 2011. The effect of priming treatments on salinity tolerance of Festuca arundinacea Schreb and Festuca ovina L. during seeds germination and early growth stages. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research. 18, 318-328. [In Persian with English abstract]. ##

Soltani, A., Galeshi, S., Zainali, E. and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30(1):51-60. [In Persian]. ##

Tania, S.S.; Rhaman, M.S.; Rauf, F.; Rahaman, M.M.; Kabir, M.H.; Hoque, M.A.; Murata, Y. Alleviation of Salt-Inhibited Germination and Seedling Growth of Kidney Bean by Seed Priming and Exogenous Application of Salicylic Acid (SA) and Hydrogen Peroxide (H2O2). Seeds 2022, 1, 87–98. ##

Xu, C., Mou, B. 2016. Responses of Spinach to Salinity and Nutrient Deficiency in Growth, Physiology, and Nutritional Value. Journal of American Society Horticulture Science, 141(1), 12–21. ##