تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد چهاردهم، شماره سوم، پائیز ۱۴۰۰
۸۳۷-۸۴۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2987.1772

مقاله پژوهشی

تأثیر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی ۲۰ ژنوتیپ جدید کینوا

مهرزاد طاوسی[۱]، زینب عنافچه*[۱]، جواد مهدوی‌مجد[۲]

۱. محقق بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

۲. کارشناس بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۹

چکیده

به‌منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های متحمل کینوا به شوری برای شرایط آزمایش‌های زراعی و نیز بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر کینوا، آزمایشی در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی به‌صورت فاکتوریل با چهار تکرار در سال ۱۳۹۶ و در آزمایشگاه تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان طراحی و اجرا گردید. تیمارها شامل ترکیبی از چهار سطح شوری صفر، کم، متوسط و زیاد (به ترتیب به میزان ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و ۲۰ ژنوتیپ کینوا بودند. نتایج نشان داد مقادیر مختلف شوری بر درصد جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص قدرت گیاهچه ژنوتیپ‌های مختلف تأثیر بسیار معنی‌دار داشت ($P< 0.001$). به‌نحوی‌که در سطح بدون شوری: ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Red carina، Q12، Q22، Q31، Q102 و ۸۸۲۰۵۱، در سطح شوری کم و متوسط: ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Red carina، Q12، Q22، Q31، Q101، Q102 و ۸۸۲۰۵۱ و در سطح زیاد: ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Q102، Q12 و ۸۸۲۰۵۱، در تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی برتری نشان دادند. به‌طورکلی، ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Q102، Q12، Q31 و ۸۸۲۰۵۱ در سطوح مختلف شوری در گروه متوسط تا قوی قرار گرفتند. این امر حاکی از پایداری مؤلفه‌های جوانه‌زنی این ژنوتیپ‌ها در شرایط متفاوت محیطی است؛ بنابراین می‌توان این گروه از ژنوتیپ‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش جهت آزمایش‌های مقدماتی مزرعه‌ای معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: **درصد جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی، شاخص قدرت گیاهچه، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی**

مقدمه

بخش وسیعی از کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است و این مناطق به علت تبخیر فراوان (حدود ۲۰۰۰ میلی‌متر در سال)، بارندگی کم (حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال) و کیفیت نامناسب آب‌های زیرزمینی، خاک‌ها به سمت شور شدن پیش می‌روند (Hoseini et al., 2008). از طرفی، کمبود منابع آبی، شور شدن اراضی کشاورزی و روند افزایشی رشد جمعیت لزوم مطالعه بر روی گونه‌های جدید گیاهی سازگار با شرایط حاضر و درعین‌حال با عملکرد قابل‌قبول را نمایان می‌کند. بر اساس گزارش‌های سازمان کشاورزی و خواربار جهانی (فائو) کل اراضی شور جهان شامل خاک‌های شور و سدیک ۸۳۱ میلیون هکتار است که در قاره‌های آفریقا، آسیا و آمریکا پراکنده شده است (Rengasamy, 2006). اطلاعات به‌دست‌آمده از نقشه خاک‌های ایران نشان داد که خاک‌هایی با شوری متوسط و کم حدود ۲۵ میلیون هکتار و خاک‌هایی با شوری شدید حدود ۸/۵ میلیون هکتار می‌باشند (FAO, 2011)؛ بنابراین

* نگارنده پاسخگو: زینب عنافچه. پست الکترونیک: anafjeh_z@yahoo.com

کمبود منابع آبی، شور شدن اراضی کشاورزی و روند افزایشی رشد جمعیت لزوم مطالعه بر روی گونه‌های جدید سازگار با شرایط حاضر، درعین‌حال با عملکرد قابل‌قبول را نمایان می‌کند.

از طرفی یکی از چالش‌های اساسی که در سراسر جهان وجود دارد کاهش عملکرد گیاهان به دلیل شوری خاک است (Munns and Tester, 2008). اگرچه تحمل شرایط شور برای گیاهان، متفاوت است اما گیاهان معمولاً تنها یک‌سوم شوری آب دریا را می‌توانند تحمل کنند (Flowers, 2004). بااین‌حال یکی از گیاهانی که توانایی رشد و تولید محصول در شرایطی مشابه شرایط شوری آب دریا حتی تا ۴۰ دسی زیمنس بر متر را به‌عنوان یک گیاه شورزیست دارد، کینوا است. باید توجه داشت تنش شوری بر روی تمام مراحل رشدی کینوا تأثیرگذار بوده و تغییرات فیزیولوژیک در آن ایجاد می‌کند اما ارقام کینوای متحمل به شوری، می‌توانند در این شرایط زنده بمانند و تولید داشته باشند (Jacobsen et al., 2001).

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd بومی مناطق آند از آمریکا است (Matiacevich et al., 2006). این گیاه ازنظر شرایط آب و هوایی نیازمند هوای خنک و روزکوتاه برای رشد و تولید دانه بوده و مقاوم به خشکی و سایر تنش‌ها است.

دانه کینوا در مقایسه با بسیاری از غلات و حبوبات، ارزش تغذیه‌ای بالاتری دارد. آرد آن به‌خوبی به‌عنوان نشاسته کش‌دار در ترکیب با آرد و یا دانه گندم برای تهیه نان، بیسکویت و یا فرآورده‌های غذایی استفاده می‌شود (Tavoosi and Sepahvand, 2012). همچنین پروتئین‌های موجود در این گیاه برای بهبود تعادل اسیدهای آمینه غذای انسان و دام مناسب است (Jacobsen et al., 2003).

تحقیقات نشان داده شده است که تحمل ارقام کینوا به نمک متفاوت است (Bonales-Alatorre et al., 2013). به‌طوری‌که در مطالعه‌ای نشان داده شد که غلظت ۴۰۰ میلی مولار محلول NaCl به‌طور قابل‌توجهی جوانه‌زنی را در ژنوتیپ حساس Q5206 کاهش داد، اما اثر قابل‌توجهی بر ژنوتیپ Q16 نداشت (Bonales-Alatorre et al., 2013). در آزمایشی دیگر تمام بذرهای کینوا در آب مقطر (تیمار شاهد) جوانه زدند؛ و در غلظت‌های پایین‌تر، نمک‌های مختلف (NaCl، $CaCl_2$، KCl و $MgCl_2$) اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذرهای کینوا نداشتند. همچنین ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز با کاهش میزان غلظت نمک افزایش یافت (Panuccio et al., 2014). طاوسی و همکاران (Tavoosi et al., 2019) نیز بیان کردند تأخیر در جوانه‌زنی و شاخص‌های آن بیانگر اثر منفی شوری بود و کاهش متوسط چهار درصد جوانه‌زنی کل در شوری ۳۰۰ میلی‌مول در مقایسه با شاهد نشان‌دهنده تحمل خوب گیاه کینوا به شوری در مرحله جوانه‌زنی بود.

به‌طورکلی از یک‌سو تغییر آب‌وهوای ایران به سمت گرم و خشک و شور شدن تدریجی خاک‌های زراعی و از سوی دیگر تحمل خوب گیاه کینوا در مقابل خشکی، شوری و سرمازدگی (Pulvento et al., 2010)، استفاده از کینوا را به‌عنوان یک گیاه مناسب باارزش غذایی بسیار بالا، برای رسیدن به کشاورزی پایدار، تغذیه مناسب و تولید صنعتی منطقی ساخته است. به همین خاطر این مطالعه با هدف بررسی ۲۰ رقم جدید کینوا در شرایط آزمایشگاهی و نیز ارزیابی ارقام متحمل به تنش شوری جهت معرفی و توسعه، در آزمایش‌های مقدماتی زراعی به اجرا گذاشته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی مقدماتی امکان کشت کینوا در خاک‌های نسبتاً شور که مرحله جوانه‌زنی و رشد اولیه و سایر مراحل رشد این گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، پژوهشی در شرایط آزمایشگاهی (با ۲۰ ژنوتیپ سانتاماریا، ساجما، تی‌تی‌کاکا، گیزا۱۱، ردکارینا، رزودا، Q26، Q29، Q101، Q102، Q103، Q104، Q105، Q18، Q12، Q19، Q22، Q31، Q21 و ۸۸۲۰۵۱) اجرا گردید. این مطالعه در سال ۱۳۹۶ در آزمایشگاه تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که در شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۸ متر از سطح دریا واقع شده است، انجام شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار پنجاه‌تایی ارزیابی شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: سطوح شوری (صفر، کم، متوسط و زیاد، به ترتیب به میزان ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) به‌عنوان فاکتور اول و ۲۰ ژنوتیپ کینوا به‌عنوان فاکتور دوم.

منشأ اصلی این گیاه آمریکای جنوبی و کوه‌های آند است و بذرها از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردید که تا زمان شروع آزمایش در ۵ درجه سانتی‌گراد

نگهداری شده بودند. بذور در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، محیط تاریک و رطوبت ۷۰ درصد و در چهار محلول شوری با غلظت‌های مختلف ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مول نمک NaCl (برند مجتمع صنایع شیمیایی دکتر مجللی با خلوص ۹۹ درصد) کشت شدند (بر اساس روش پانوکسیو و همکاران[1]،(Panuccio et al., 2014). به‌منظور جلوگیری از تبخیر، درب پتری‌ها با پارافیلم پوشش داده شد. همچنین به‌منظور کاهش ساپونین و نیز جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در محیط کشت، بذور برای مدت ۲۰ دقیقه در محلول ۲۰ درصد هیپوکلریت سدیم و سپس به مدت یک ساعت در آب مقطر قرار داده شد (Panuccio et al., 2014) که باید توجه داشت این مرحله در فرآیند جوانه‌زنی هیچ تأثیری ندارد.

در این آزمایش تعداد بذر جوانه‌زده به‌صورت روزانه تا هفت روز جهت اطمینان از اتمام زمان لازم برای جوانه‌زنی شمارش شد (Panuccio et al., 2014) و معیار جوانه‌دار شدن بذور، مشاهده ریشه‌چه با حداقل به طول ۲ میلی‌متر بود. همچنین برای توصیف تحمل به شوری علاوه بر درصد جوانه‌زنی مؤلفه‌های زیر محاسبه شد:

ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG[2])

این ضریب بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد (Agrawal, 2003). زمانی که تعداد بذور بیشتری در زمان کوتاه‌تری جوانه بزنند میزان این ضریب افزایش می‌یابد.

$$CVG(\%day^{-1}) = \frac{\Sigma N_i}{\Sigma N_i T_i} \times 100 \qquad [۱]$$

شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI[3])

این شاخص بر اساس رابطه ۲ به دست آمد (Agrawal, 2003)؛ که نشان‌دهنده درصد جوانه‌زنی در هر روز از این دوره است و بالاتر بودن این شاخص نشان‌دهنده جوانه‌زنی بیشتر و سریع‌تر است.

$$GRI(\%day^{-1}) = \frac{\Sigma N_i}{1} \qquad [۲]$$

متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT[4])

این آزمون بر اساس رابطه ۳ محاسبه شد (Agrawal, 2003). پایین‌تر بودن این متغیر به معنای این است که یک جمعیت بذر هم‌زمان و سریع‌تر جوانه می‌زنند.

$$MGT(day) = \frac{\Sigma N_i}{\Sigma N_i T_i} \qquad [۳]$$

در معادله‌های ۱ تا ۳، N: تعداد بذور جوانه‌زده در روز i و Ti: تعداد روز پس از کاشت است.

شاخص قدرت گیاهچه (SVI[5])

این شاخص از حاصل‌ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی در طول گیاهچه محاسبه شد (Agrawal, 2003).

در پایان آزمایش، داده‌های به‌دست‌آمده از این آزمون‌ها به کمک نرم‌افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. سپس به‌منظور اطمینان از اعتبار نتایج حاصله و نیز قابل‌استفاده بودن این نتایج، مراحل کنترل کفایت و درستی تجزیه واریانس با استفاده از آماره‌ها و روش‌های مختلفی انجام گرفت (Soltani and Torabbi, 2014)؛ و در شاخص‌هایی که توزیع داده‌ها نرمال نبوده و شرایط تجزیه واریانس برقرار نبود بسته به نوع توزیع (توزیع پویسون و یا توزیع دوجمله‌ای) از تبدیل داده استفاده شد (میانگین سرعت جوانه‌زنی و ضریب سرعت جوانه‌زنی). قابل‌ذکر است برای سایر متغیرهای اندازه‌گیری شده که دارای توزیع نرمال بودند و نیز واریانس تیمارها یکنواخت بود، از تبدیل استفاده نشد.

ازآنجاکه به‌کارگیری شیوه متداول تجزیه موجب پوشیده ماندن اختلافات ارقام در شرایط تنش می‌شود و تفاوت بزرگ واریانس خطا (میان شرایط تنش و بدون تنش) باعث نقض فرضیات تجزیه واریانس می‌گردد؛ بنابراین در این شرایط نتایج تجزیه واریانس و نیز مقایسه ارقام معتبر نخواهد بود. به همین دلیل در این آزمایش از روش موسوم به برش‌دهی فیزیکی استفاده شد. سپس داده‌ها مورد تجزیه‌های بیشتری واقع شدند تا مشخص شود ماهیت این اختلاف چیست و در کجا واقع شده است، لذا از آزمون کمترین اختلاف معنی‌داری محافظت‌شده (PLSD, α=٪۵) برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

[1] Panuccio
[2] Coefficient of velocity of germination
[3] Germination rate index
[4] Mean germination time
[5] Seedling vigor index

نتایج و بحث

نتـایج تجزیه‌وتحلیل صفات اندازه‌گیری شده در آزمون‌های جوانه‌زنی مشخص نمود که در سطوح شوری مورد آزمایش، کلیه شاخص‌های جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفتند ($P<0.001$) که این امر نشان‌دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های کینوا به شوری اسـت (جدول ۱).

پس از انجام تجزیه واریانس با محاسبه دو آماره ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) اطلاعات مفیدی حاصل شد. به‌نحوی‌که این آماره‌ها نشان دادند که بخش بزرگی از تغییرات بین داده‌ها ناشی از تیمارهایی بوده که در این آزمایش وجود داشته‌اند؛ درواقع، در شرایط عدم وجود شوری بین ۶۴٪ تا ۹۶٪ از کل تغییرات مؤلفه‌های درصد جوانه‌زنی، شاخص سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص قدرت گیاهچه ناشی از تیمارها بوده است (جدول ۱). بعلاوه، ضریب تغییرات آزمایش اگرچه برای شاخص‌های متوسط زمان جوانه‌زنی و قدرت گیاهچه قابل‌قبول بود اما برای سایر صفات عالی به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی کینوا

Table 1. Analysis of variance of Kinova germination indices

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS) جوانه‌زنی (٪) (GP)	شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI)	ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)	متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT)	شاخص قدرت گیاهچه (SVI)	طول گیاهچه (SL)
				(No salinity) شوری صفر				
Block	بلوک	3	40.03^{ns}	65.10^{ns}	1505.92^{**}	0.13^{**}	2.60^{*}	1.99^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	19	1022.17^{**}	2330.97^{**}	904.85^{**}	0.09^{**}	16.25^{**}	7.22^{**}
Error	خطا	7	27.47	29.76	186.83	0.02	0.89	0.8
CV (٪)	ضریب تغییرات	-	*8*	*7.6*	*5*	*11.9*	*15.8*	*11.8*
R^2		-	*0.92*	*0.96*	*0.65*	*0.64*	*0.86*	*0.76*
				(Low salinity) شوری کم				
Block	بلوک	3	88.64^{ns}	81.71^{ns}	742.46^{**}	0.08^{**}	2.70^{*}	4.14^{**}
Genotype	ژنوتیپ	19	803.23^{**}	2276.05^{**}	1452.59^{**}	0.17^{**}	15.64^{**}	13.83^{**}
Error	خطا	57	36.4	55.65	124.99	0.02	0.66	0.82
CV (٪)	ضریب تغییرات	-	*9.4*	*10.6*	*4.3*	*10.5*	*15.7*	*13.6*
R^2		-	*0.88*	*0.93*	*0.81*	*0.79*	*0.89*	*0.85*
				(Medium salinity) شوری متوسط				
Block	بلوک	3	42.94^{ns}	82.10^{ns}	446.90^{ns}	0.09^{ns}	0.25^{ns}	0.006^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	19	816.97^{**}	2518.89^{**}	1322.89^{**}	0.18^{**}	12.23^{**}	8.42^{**}
Error	خطا	57	62.39	55.98	306.73	0.03	0.72	0.43
CV (٪)	ضریب تغییرات	-	*12.2*	*111*	*6.6*	*14*	*17.6*	*10.7*
R^2		-	*0.81*	*0.94*	*0.65*	*0.66*	*0.85*	*0.87*
				(High salinity) شوری زیاد				
Block	بلوک	3	33.60^{ns}	26.70^{ns}	359.17^{ns}	0.10^{ns}	0.59^{ns}	0.53^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	19	867.68^{**}	2728.54^{**}	1141.26^{**}	0.29^{**}	11.08^{**}	9.55^{**}
Error	خطا	57	58.92	54.46	234.31	0.04	0.45	0.29
CV (٪)	ضریب تغییرات	-	*12.4*	*12.8*	*7.1*	*13.3*	*17.5*	*10.89*
R^2		-	*0.83*	*0.94*	*0.69*	*0.72*	*0.89*	*0.92*

**، * و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۰/۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌دار بودن است.

** ,* and ns indicate significant at 0.1% probability level, 5% probability and non-significance level, respectively

در شرایط شوری کم (۱۰۰ میلی‌مولار) ضریب تبیین مؤلفه‌های جوانه‌زنی بین ۷۹٪ تا ۹۳٪ متغیر بوده است (جدول ۱). ضریب تغییرات برای شاخص قدرت گیاهچه قابل‌قبول، برای آزمون‌های شاخص سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی مناسب و برای درصد جوانه‌زنی و ضریب سرعت جوانه‌زنی بسیار خوب بود (جدول ۱).

در شوری متوسط و زیاد (۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار) مقادیر R^2 برای آزمون‌های فوق‌الذکر تقریباً در دامنه ۶۵٪ تا ۹۴٪ متغیر بود (جدول ۱). همچنین در هر دو سطح شوری CV برای ضریب سرعت جوانه‌زنی در حد عالی و برای سایر مؤلفه‌ها در حد قابل‌قبول برآورد شد.

شوری صفر

نتایج مقایسه میانگین در شرایط بدون شوری نشان داد که ژنوتیپ‌ها ازنظر درصد جوانه‌زنی به سه گروه قابل‌تفکیک است. چنان‌که ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Red carina، Q102، Q12، Q22، Q31، 882051 دارای بیشترین درصد جوانه‌زنی و در گروه برتر قرار گرفتند. درحالی‌که ژنوتیپ‌های Q29 و Q18 در گروه ضعیف و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه متوسط واقع شدند. در این شرایط شاخص سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Red carina، Q101، Q102، Q12، Q22 و ۸۸۲۰۵۱ دارای بیشترین مقدار و در گروه قوی، اما ژنوتیپ‌های Q29 و Q105، Q18 و Q19 در گروه ضعیف و مابقی ژنوتیپ‌ها در گروه متوسط جا گرفتند. همچنین تقریباً تمامی ژنوتیپ‌هایی که دارای بالاترین شاخص سرعت جوانه‌زنی بودند از بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی نیز نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها مورد ارزیابی برخوردار بودند؛ و ژنوتیپ Q105 ضعیف‌ترین بود.

ژنوتیپ‌های Santamaria، Q101، Q102 و ۸۸۲۰۵۱ ازلحاظ متوسط زمان جوانه‌زنی در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در کمترین زمان لازم جوانه زدند. درحالی‌که ژنوتیپ Q105 در طولانی‌ترین زمان و پس از ۲/۶ روز، جوانه‌زنی خود را آغاز نمود. ژنوتیپ Q31 که از طول زمان کمتری جهت جوانه‌زنی برخوردار است، قوی‌ترین شاخص قدرت گیاهچه را نیز دارا بود. درحالی‌که ژنوتیپ‌های Q29 و Q18 در ضعیف‌ترین گروه و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه حد واسط قرار گرفتند. ازنظر طول گیاهچه ژنوتیپ‌های Q26 و Q31 بیشترین و ژنوتیپ Rosada کمترین طول گیاهچه را دارا بودند و سایر ژنوتیپ‌ها دارای طول گیاهچه حدواسط بودند (جدول ۲).

شوری کم

همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد تنش شوری موجب شد که ژنوتیپ‌های مورد آزمایش به سه گروه قوی، متوسط و ضعیف دسته‌بندی شوند؛ بنابراین در این سطح از شوری نتایج مقایسه میانگین حاکی از این بود که ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Red carina، Q101، Q102، Q12، Q22، Q31 و ۸۸۲۰۵۱ در گروه برتر، درصورتی‌که Q29 و Q18 در پایین‌ترین گروه و ژنوتیپ‌های دیگر در گروه بینابینی قرار گرفتند. همچنین ازلحاظ شاخص سرعت جوانه‌زنی تقریباً میان ژنوتیپ‌ها همین دسته‌بندی برقرار است. با این تفاوت که ژنوتیپ‌های Q105 و Q19 در گروه ضعیف واقع شدند (جدول ۲). ضریب سرعت جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Red carina، Q101، Q102، Q31 و ۸۸۲۰۵۱ بالاترین میزان، برای ژنوتیپ‌های Q29، Q103 و Q105 کمترین و برای سایر واریته‌های کینوا متوسط بود. در این سطح از شوری برای ژنوتیپ‌های Q29 و Q105 بیشترین و برای ژنوتیپ‌های Santamaria و Q102 کمترین زمان لازم برای جوانه‌زنی به دست آمد. این در حالی است که Santamaria قوی‌ترین رقم ازلحاظ قدرت گیاهچه‌ای و ژنوتیپ‌های Q29 و Q18 ضعیف‌ترین بودند. ژنوتیپ‌های Santamaria و Q21 گیاهچه‌های بلندتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها ایجاد کردند، درحالی‌که ژنوتیپ‌های Q102، Q104 و Q12 گیاهچه‌های کوتاه‌تری تولید کردند (جدول ۲).

شوری متوسط

پاسخ ژنوتیپ‌ها به این سطح از شوری حاکی از این بود که مؤلفه‌های درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی در میان ژنوتیپ‌های مختلف نتایج تقریباً مشابهی به بار آورد. چنان‌که ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Red carina، Q101، Q102، Q12، Q22، Q31 و ۸۸۲۰۵۱ در دسته قوی و ژنوتیپ‌های Q29، Q105، Q18 و Q19 در دسته ضعیف و ژنوتیپ‌های Sajma، Giza 1، Rosada، Q26، Q103، Q104 و Q21 در دسته متوسط قرار گرفتند. ازنظر ضریب سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های

جدول ۲. مقایسه میانگین جداگانه ارقام در هر سطح شوری

Table 2. Comparison of individual averages of cultivars per salinity level

ژنوتیپ Genotype	درصد جوانه‌زنی GP (%)	شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI)	ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)	متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT)	شاخص قدرت گیاهچه (SVI)	طول گیاهچه (SL)
			شوری صفر (No salinity)			
Santamaria	78.91 ab	93.99 a	95.04 ab	1.06 g	8.43 b	8.88 bcd
Sajma	71.20 c	75.66 c	59.01 ghi	1.86 bc	7.18 b-e	8.04 c-g
Titicaca	78.56 abc	92.87 ab	89.27 abc	1.128 fg	6.29 d-g	6.57 hij
Giza 1	60.42 d	70.81 cd	80.81 a-f	1.28 d-g	5.91 efg	7.78 d-h
Red carina	82.53 ab	96.50 a	90.61 abc	1.12 fg	6.45 d-g	6.55 hij
Rosada	59.21 de	61.04 e	56.48 hi	1.81 bcd	4.01 i	5.42 j
Q26	62.10 d	71.96 cd	77.28 b-g	1.36 c-g	7.60 bcd	9.72 ab
Q29	28.58 g	19.44 g	66.18 e-h	1.70 b-d	2.15 k	9.05 bc
Q101	75.20 bc	90.13 ab	87.90 a-d	1.18 g	6.63 d-g	7.18 f-i
Q102	79.40 ab	95.70 a	95.75 ab	1.05 g	6.53 d-g	6.78 ghi
Q103	58.03 def	61.41 e	67.59 e-h	1.65 b-f	5.76 fg	8.05 c-f
Q104	55.40 def	59.15 e	67.87 e-h	1.55 b-g	4.26 hi	6.24 ij
Q105	51.09 f	39.84 f	43.21 i	2.61 a	3.70 ij	6.11 ij
Q18	33.15 g	25.32 g	62.17 f-i	1.61 b-f	2.59 jk	8.63 b-e
Q12	77.65 abc	90.29 ab	80.64 a-f	1.24 efg	8.12 bc	8.51 b-e
Q19	52.99 ef	47.12 f	58.80 ghi	1.94 b	4.25 hi	6.67 hij
Q22	81.67 ab	92.90 ab	81.67 a-e	1.25 efg	6.85 c-f	7.0 f-i
Q31	76.45 abc	85.67 b	74.27 c-h	1.37 c-g	10.17 a	10.84 a
Q21	60.63 d	65.80 de	69.53 d-h	1.56 b-g	5.41 gh	7.18 f-i
882051	83.78 a	97.72 a	97.06 a	1.03 g	7.26 bcd	7.36 e-i
			شوری کم (Low salinity)			
Santamaria	80.22 a	96.97 a	100 a	1.00 h	9.55 a	9.86 ab
Sajma	67.83 bc	78.91 c	77.25 c-f	1.16 defgh	7.66 b	8.97 bc
Titicaca	79.68 a	94.15 ab	90.89 abc	1.05 gh	7.45 b	7.75 cde
Giza 1	62.32 cd	66.24 d	66.33 efg	1.26 cde	4.76 ef	6.27 f-i
Red carina	78.87 a	94.35 ab	90.61 abc	1.05 gh	6.97 bc	7.28 def
Rosada	54.10 d-g	58.29 de	74.24 def	1.18 c-h	3.31 ghi	5.23 i-l
Q26	60.87 cde	67.10 d	67.41 efg	1.23 c-g	5.52 de	7.21 d-g
Q29	40.17 hi	24.06 g	36.43 i	1.73 a	2.46 i	6.00 g-j
Q101	72.05 ab	86.25 bc	88.41 a-d	1.07 fgh	4.40 efg	4.89 j-m
Q102	79.12 a	95.38 ab	95.59 ab	1.02 h	3.78 fgh	3.92 m
Q103	62.21 cd	58.80 de	47.64 hi	1.48 b	4.44 efg	5.76 h-k
Q104	53.51 efg	55.66 ef	65.96 efg	1.25 c-f	2.80 hi	4.33 lm
Q105	49.73 fg	33.70 g	34.74 i	1.71 a	4.64 ef	8.00 cd
Q18	35.57 i	28.6 g	56.76 gh	1.34 bc	2.35 i	6.68 e-h
Q12	78.63 a	90.82 ab	80.14 b-e	1.12 d-h	4.37 fg	4.55 klm
Q19	48.08 gh	45.82 f	56.86 gh	1.35 bc	3.81 fgh	6.89 d-h
Q22	75.97 ab	87.00 abc	77.38 c-f	1.14 d-h	6.21 cd	6.67 e-h
Q31	72.69 ab	87.39 abc	87.03 a-d	1.08 e-h	4.61 ef	5.05 i-m
Q21	56.75 def	58.97 de	62.09 fgh	1.28 cd	7.72 b	11.11 a
882051	79.42 a	93.62 ab	90.42 abc	1.06 gh	6.63 bcd	6.90 d-h

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

ژنوتیپ Genotype	درصد جوانه‌زنی GP (%)	شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI)	ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)	متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT)	شاخص قدرت گیاهچه (SVI)	طول گیاهچه (SL)
			شوری متوسط (Medium salinity)			
Santamaria	79.133 ab	97.06 a	89.59 ab	1.06 h	9.48 a	9.89 a
Sajma	69.8 bcd	67.28 d	56.47 c-h	1.35 b-g	4.85 efg	5.62 f-i
Titicaca	72.79 abc	90.98 abc	82.94 ab	1.11 gh	5.51 c-f	6.17 efg
Giza 1	63.46 cde	61.13 def	57.72 c-g	1.42 b-e	5.05 d-g	6.33 def
Red carina	79.283 ab	94.91 ab	77.81 a-d	1.17 e-h	5.29 d-g	5.50 f-j
Rosada	54.60 ef	66.24 de	69.31 b-e	1.23 d-h	2.33 k	3.38 k
Q26	62.32 cde	67.58 d	72.02 a-e	1.20 d-h	4.80 e-h	6.14 efg
Q29	34.34 h	20.36 h	48.24 e-h	1.60 ab	2.74 jk	8.6 b
Q101	71.49 a-d	84.60 bc	83.25 ab	1.11 fgh	4.19 ghi	4.69 j
Q102	81.75 a	95.50 a	88.62 ab	1.07 h	6.63 bc	6.78 de
Q103	65.03 cde	50.64 fg	41.08 gh	1.59 ab	4.27 ghi	5.38 g-j
Q104	60.86 de	58.44 def	49.22 e-h	1.44 bcd	5.94 b-e	7.82 bc
Q105	46.22 fg	24.15 h	32.67 h	1.79 a	3.09 ijk	6.08 e-h
Q18	38.42 gh	27.45 h	44.42 fgh	1.51 bc	2.60 jk	6.69 de
Q12	78.55 ab	88.30 abc	75.76 a-d	1.16 fgh	5.75 b-e	6.00 e-h
Q19	47.94 fg	43.42 g	54.33 d-h	1.37 b-f	2.71 jk	4.8675 ij
Q22	76.65 ab	88.33 abc	66.24 b-f	1.27 c-h	6.72 b	7.16 cd
Q31	70.58 a-d	80.77 c	79.18 abc	1.14 fgh	4.55 fgh	5.17 hij
Q21	60.92 de	55.78 ef	49.94 e-h	1.44 bcd	3.64 hij	4.81 ij
882051	81.70 a	96.53 a	94.8 a	1.03 h	6.05 bcd	6.17 efg
			شوری زیاد (High salinity)			
Santamaria	70.74 bc	87.42 abc	78.13 a	1.15 i	5.59 a	6.44 bc
Sajma	64.88 dc	46.228 i	37.19 def	1.64 bcd	5.76 a	7.04 ab
Titicaca	80.81 ab	91.75 ab	64.01 abc	1.29 e-i	4.05 def	4.17 g
Giza 1	63.21 cd	60.09 fgh	41.64 def	1.56 cde	5.77 a	7.25 a
Red carina	82.66 a	63.39 efg	38.89 def	1.61 cd	5.19 abc	5.27 de
Rosada	49.66 ef	51.25 hi	43.30 cde	1.52 cde	2.60 gh	4.51 efg
Q26	57.87 de	53.22 ghi	44.65 cde	1.53 cde	3.51 efg	4.97 def
Q29	36.16 g	7.90 k	21.40 f	2.19 a	0.72 j	1.99 i
Q101	61.45 cd	68.09 ef	48.88 b-e	1.44 d-h	3.17 fg	4.24 fg
Q102	75.94 ab	90.82 ab	73.21 a	1.20 ghi	5.34 a	5.69 cd
Q103	58.66 de	34.68 j	27.80 ef	1.91 b	4.08 def	5.64 d
Q104	55.11 de	46.00 i	43.32 cde	1.55 cde	4.52 bcd	6.78 ab
Q105	42.19 fg	11.52 k	43.53 cde	1.77 bc	1.16 ij	2.58 hi
Q18	34.50 g	25.13 j	43.24 cde	1.55 cde	1.04 j	3.14 h
Q12	76.61 ab	79.82 cd	69.10 ab	1.23 f-i	4.38 cde	4.79 efg
Q19	44.05 fg	33.94 j	48.47 b-e	1.49 def	2.11 hi	4.35 fg
Q22	76.97 ab	73.11 de	49.30 b-e	1.47 d-g	3.09 g	3.27 h
Q31	64.64 cd	81.99 bcd	74.22 a	1.17 hi	5.90 a	7.41 a
Q21	61.75 cd	57.56 gh	50.25 bcd	1.43 d-h	3.34 fg	4.33 fg
882051	77.81 ab	93.2 a	83.06 a	1.11 i	5.38 a	5.63 d

Santamaria، Titicaca، Red carina، Q26، Q101، Q102، Q12، Q31 و ۸۸۲۰۵۱ در دسته برتر، ژنوتیپ Q105 در دسته ضعیف و ژنوتیپ‌های Sajma، Giza 1، Rosada، Q29، Q103، Q104، Q18، Q19، Q22 و Q21 در دسته بینابینی واقع شدند. ارزیابی میانگین زمان جوانه‌زنی نشان داد ژنوتیپ‌های Santamaria، Q102 و ۸۸۲۰۵۱ در کمترین زمان لازم مرحله جوانه‌زنی خود را طی نمودن. درحالی‌که ژنوتیپ‌های Q29، Q103 و Q105 بیشترین زمان جوانه‌زنی را به خود اختصاص دادند. آزمون قدرت گیاهچه برای رقم Santamaria با مقدار ۹/۵ در بالاترین سطح آماری قرار گرفت. درصورتی‌که ژنوتیپ‌های Rosada، Q29، Q18 و Q19 پایین‌ترین سطح آماری را به خود اختصاص دادند. ازلحاظ طول گیاهچه ژنوتیپ Santamaria بیشترین طول و ژنوتیپ Rosada کمترین طول گیاهچه را ایجاد کردند و سایر ارقام در گروه متوسط قرار گرفتند (جدول ۲).

شوری زیاد

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌های کینوا به طرز متفاوتی به شوری زیاد واکنش نشان داده‌اند. به‌نحوی‌که این ژنوتیپ‌ها ازنظر آزمون‌های جوانه‌زنی به سه گروه A (قوی)، B (متوسط) و C (ضعیف) قابل‌تفکیک می‌باشند ازلحاظ درصد جوانه‌زنی گروه A شامل ژنوتیپ‌های Titicaca، Red carina، Q102، Q12، Q22 و ۸۸۲۰۵۱، گروه C شامل ژنوتیپ‌های Q29، Q105، Q18 و Q19 بودند و مابقی ژنوتیپ‌ها در گروه B قرار گرفتند. ازنظر شاخص سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Q102 و ۸۸۲۰۵۱ در گروه قوی و ژنوتیپ‌های Q29، Q103، Q105، Q18 و Q19 در گروه ضعیف واقع شدند. ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Q102، Q12، Q31، 882051 و رقم Q29 ازلحاظ ضریب سرعت جوانه‌زنی به ترتیب به گروه برتر و ضعیف تعلق داشتند. از منظر شاخص متوسط زمان جوانه‌زنی غالب ژنوتیپ‌ها در گروه B بودند به‌جز ژنوتیپ‌های Santamaria و ۸۸۲۰۵۱ و رقم Q29 که به ترتیب گروه A و C را به خود اختصاص دادند. هفت ژنوتیپ Santamaria، Sajma، Giza1، Red carina، Q102، Q31 و ۸۸۲۰۵۱ واجد بالاترین و دو ژنوتیپ Q29 و Q18 دارای کمترین قدرت گیاهچه بودند. حداکثر طول گیاهچه متعلق به ژنوتیپ‌های Sajma، Giza1، Q104 و Q31 بود و حداقل طول گیاهچه را ژنوتیپ Q39 ایجاد کرد.

همبستگی شاخص‌های جوانه‌زنی

ضرایب همبستگی بین آزمون‌های موردمطالعه در جدول ۳ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بین درصد جوانه‌زنی بذر با شاخص سرعت جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص قدرت بذر همبستگی قوی مثبت و با متوسط زمان جوانه‌زنی همبستگی منفی نشان داد ($P<0.001$). بدین معنی که با افزایش درصد جوانه‌زنی صفات نامبرده که شاخص‌هایی از کیفیت بذر می‌باشند افزایش می‌یابند (به‌جز میانگین زمان جوانه‌زنی). بعلاوه، بالاترین ضرایب همبستگی این صفات با درصد جوانه‌زنی، به ترتیب با ۰/۸۸ و ۰/۷۱ به شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص قدرت گیاهچه متعلق بود (جدول ۳).

شاخص سرعت جوانه‌زنی با شاخص قدرت‌گیاه‌چه و ضریب سرعت جوانه‌زنی همبستگی مثبت و قوی داشت اما با طول زمان جوانه‌زنی رابطه عکسی به بار آورد. در آزمایشی در این رابطه نشان داده شد که بین درصد جوانه‌زنی نهایی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص بنیه‌گیاهچه نخود در آزمایشگاه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (Bayat et al., 2015).

ضریب سرعت جوانه‌زنی با میانگین زمان جوانه‌زنی همبستگی منفی و با شاخص قدرت گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. میانگین زمان جوانه‌زنی با شاخص قدرت گیاهچه همبستگی بسیار قوی در سطح ۰/۱ درصد داشت. محققین در مطالعه‌ای همبستگی منفی و بالایی بین درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی بذور گلرنگ مشاهده کردند و اظهار داشتند بذرهایی که به زمان کمی برای جوانه‌زنی نیاز دارند دارای درصد جوانه‌زنی بالاتری می‌باشند. همچنین همبستگی منفی و بالایی بین سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی دیده شد (Bagheri et al. 2012). طول گیاهچه با تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی به‌جز درصد جوانه‌زنی بذر همبستگی قوی داشته است؛ اما قابل‌ذکر است که با میانگین زمان جوانه‌زنی همبستگی منفی نشان داد.

جدول ۳. ضرایب همبستگی آزمون‌ها و صفات اندازه‌گیری شده.

Table 3. Correlation coefficients of the tests and measured traits

		GP	GRI	CVG	MGT	SVI	SL
GP	**درصد جوانه‌زنی**	1					
GRI	**شاخص سرعت جوانه‌زنی**	0.88	1				
		<.0001					
CVG	**ضریب سرعت جوانه‌زنی**	0.43	0.71	1			
		<.0001	<.0001				
MGT	**متوسط زمان‌جوانه‌زنی**	-0.42	-0.70	-0.90	1		
		<.0001	<.0001	<.0001			
SVI	**شاخص قدرت گیاهچه**	0.71	0.69	0.43	-0.42	1	
		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		
SL	**طول گیاهچه**	0.11	0.17	0.22	-0.27	0.73	1
		0.0573	0.0018	<.0001	<.0001	<.0001	

GP: Germination Percentage, GRI: Germination Rate Index, CVG: Coefficient of Velocity of Germination, MGT: Mean Germination Time, SVI: Seedling Vigor Index, SL: Seedling Lenght

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که تنش شوری بر روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش تأثیرگذار بوده و باعث کاهش این شاخص‌ها شده است. همچنین در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی، ژنوتیپ‌های Santamaria، Titicaca، Q102، Q12، Q31 و ۸۸۲۰۵۱ در بین کلیه صفات مورد آزمون واکنش خوبی از خود بروز دادند؛ و در واکنش به تنش شوری، کمترین کاهش را در بین اکثر صفات از خود نشان دادند که این ویژگی‌ها نشان‌دهنده توانایی این ژنوتیپ‌ها به شرایط نامساعد شوری و قابلیت معرفی در آزمایش‌های اولیه مزرعه‌ای است. اثرات بازدارندگی کلرید سدیم بر روی جوانه‌زنی بذر می‌تواند به دلیل تأثیر مستقیم آن بر روی رشد جنین باشد. محققان دریافتند که طویل شدن محور جنینی شدیداً به‌واسطه‌ی سطح بالای کلرید سدیم موجود در محلول آبیاری بازداشته می‌شود از طرف دیگر کلرید سدیم به دلیل اثر بازدارندگی در جذب آب به‌وسیله‌ی بذر، تعداد بذور جوانه‌زده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Jamali et al., 2016). محققان دیگری نیز اعلام کردند که پتانسیل آب در محیط، مؤثرترین پارامتر در جذب آب و آماس بذر است و تنش شوری جذب آب را کاهش می‌دهد. با کاهش جذب آب به‌وسیله بذر قابلیت جوانه‌زنی کاهش و از درصد جوانه‌زنی کاسته می‌شود (Khammari et al., 2007).

در این رابطه ناصر و همکاران نیز (Naseer et al., 2001) بیان کردند که کاهش درصد جوانه‌زنی تحت شرایط شور ممکن است به علت اثرات سمی یون‌ها و کاهش جذب آب باشد که فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی درون گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌علاوه شوری مانع از حرکت مواد ذخیره‌ای ضروری به‌طرف جنین می‌شود (Duarte et al., 2006). در آزمایشی دیگر تمام بذرهای کینوا در آب مقطر (تیمار شاهد) جوانه زدند. همچنین در غلظت‌های پایین‌تر، نمک‌های مختلف (NaCl، CaCl2، KCl و MgCl2) اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی بذرهای کینوا نداشتند. همچنین ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی نیز با کاهش میزان غلظت نمک افزایش یافت (Panuccio et al., 2014).

چنانچه جذب آب دچار اختلال شود و یا به‌کندی صورت گیرد، فعالیت‌های داخل بذر نیز به‌کندی صورت گرفته و مدت‌زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و به‌عبارت‌دیگر سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Mashi and Galeshi, 2007). در این راستا، علت کاهش سرعت جوانه‌زنی را می‌توان به حضور بیش‌ازحد کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبت داد که علاوه بر ایجاد مسمومیت، پتانسیل آب را نیز کاهش می‌دهند، به‌طوری‌که علیرغم وجود آب در محیط، گیاه قادر به جذب آن نبوده و با کمبود آب مواجه می‌شود. کاهش در سرعت جوانه‌زنی و افزایش زمان موردنیاز برای رسیدن به میزان جوانه‌زنی نهایی به سبب تنش شوری یک حد بحرانی در مناطق نیمه‌خشک است که شرایط مطلوب در اطراف بذر ممکن است کوتاه باشد؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین جنبه‌های آگرونومیکی استقرار گیاه سرعت جوانه‌زدن تعداد کافی بذر و

استقرار آن‌ها در مدت‌زمانی است که شرایط محیطی مناسب است (Ajmal Khan et al., 2006).

علت کاهش طول گیاهچه را می‌توان تأثیر منفی و وفور یونی بر عملکرد غشاء سلولی دانست. تنش شوری از طریق محدود کردن فعالیت دیواره سلولی و تغییر در میزان پروتئین‌های مؤثر دیواره، موجب کاهش فعالیت مریستم‌ها و به‌تبع آن کاهش تقسیم سلولی می‌شود (Kaya et al., 2006). از طرفی تجمع زیاد نمک‌ها در دیواره سلولی موجب تغییر فعالیت‌های متابولیکی و محدودیت خاصیت الاستیکی دیواره سلول می‌شود. علاوه بر آن دیواره ثانویه سلول زودتر تشکیل‌شده و دیواره سلولی سفت می‌شود، به همین دلیل تأثیر فشار اسمزی بر طویل شدن دیواره سلولی کمتر و طول ساقه‌چه کاهش می‌یابد (Naseer et al., 2001).

منابع

Agrawal, R.L., 2003. Seed technology. Pub. CO. PVT. LTD. New Delhi. India.

Ajmal Khan, M., Zaher Ahmed, M., Hameed, A., 2006. Effect of salt and ascorbic acid on the seed germination of halophytes. Journal of Arid Environments. 67, 535 - 540.

Bagheri, H., Ghazi Khanloosani, Y., Andalibi, B., Azimi Moghadam, M., Zangani, E., Jamshidi, S., 2012. Study of seed germination indices and early growth of safflower seedlings with 1000-grain weight different under drought stress. Journal of Modern Sustainable Agriculture Knowledge. 8, 1-12. [In Persian with English Summary].

Bayat, P., Ghobadi, M., Ghobadi, M., Mohammadi, Gh., 2015. Evaluation of the ability of standard seed germination test in vitro to predict appearance Chickpea seedling establishment and establishment in field. Iranian Journal of Seed Science and Technology. 5, 27-38. [In Persian with English Summary].

Bonales-Alatorre, E., Pottosin, I., Shabala, L., Chen, Z.H., Zeng, F., Jacobsen, S.E., Shabala. S., 2013. Differential activity of plasma and vacuolar membrane transporters contributes to genotypic differences in salinity tolerance in a halophyte species, *Chenopodium quinoa*. International Journal of Molecular Sciences.14, 9267–9285 .

Duarte, G.L., Lpes, N.F., Demiraes, D.M., Dasilva, R.N., 2006. Physiological quality of wheat seeds submitted to saline stress. Rvista Brasília de Sementes. 28, 122-126.

FAO, 2011. Quinoa; an acient crop to contribute to world food security. 63p.

Flowers, T.J., 2004. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 55, 307-319. http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erh003

Jacobsen, S.E., Mujicab, A., Jensenc, C.R., 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. Food Reviews International. 19, 99-109.

Jamali, S., Sharifan, H., Hezarjaribi, A., NiazAli 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 Conservation. 6, 87-97. [In Persian with English Summary].

Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cikili, Y., Kolsaric, O., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy. 24, 291-295.

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

Mashi, A., Galeshi, S., 2007. The effect of salinity on germination indexes of four Hull-less barley genotyps. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 13, 68-75. [In Persian with English Summary].

Matiacevich, S.B., Castellión, M.L., Maldonado, S.B., Buera, M.P., 2006. Water-dependent thermal transitions in quinoa embryos. Thermochimica Acta. 448, 117–122.

Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59, 651-681.

Naseer, Sh., Nisar, A., Ashrsf, M., 2001. Effect of salt stress on germination and seedling

growth of barely (*Hordeum vulgare* L.) Pakistan Journal of Biological Science. 4, 359-360.

Naseer, Sh., Nisar, A., Ashrsf. M., 2001. Effect of salt stress on germination and seedling growth of barely (*Hordeum Vulgare* L.) Pakistan Journal of Biological Science. 4, 359-360.

Panuccio, M.R., Jacobsen, S.E., Akhtar, S.S., Muscolo, A., 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. Oxford Journals. Science and Mathematics, AoB PLANTS, available: http://aobpla.oxfordjournals.org/content/6/plu047.full

Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Andria, R.D., Iafelice, G., Marconi, E., 2010. Field trail evaluation of two chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in south Italy. Journal of Agronomy and Crop Science. 196, 407-411.

Soltani, A., Torabi, B., 2013. Crop Modeling. 232pp. [In Persian].

Tavoosi, M., Sepahvand, N.A., 2012. Evaluation of Different Genotypes of quinoa for Yield and Other Phenological Characteristics in Khuzestan. 12th Iranian Genetic Congress. 2012 .[In Persian with English Summary].

Tavoosi, M., Eslahi, M.R., Javadzadeh, M., Mahdavi Majd, J., 2019. Investigation on adaptation yield and phenological characters of new genotypes of Quinoa, from South America, in southern regions of Khuzestan under non-saline and saline conditions. Final report of project extension of quinoa cultivation in farmers' fields of Khuzestan. [In Persian with English Summary].