Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴ (ص ۵۸۹-۵۸۳)

بررسی تأثیر دما بر جوانه‌زنی بذر گیاه کینوا (*Chenepodium quinoa* Willd) تحت تنش شوری

آرش مامدی[۱]، رضا توکل افشاری[۲*]، نیازعلی سپهوند[۳] و مصطفی اویسی[۴]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳. استادیار، مؤسسهٔ تولید و اصلاح بذر و نهال، کرج
۴. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۲۳)

چکیده

کینوا (*Chenepodium quinoa* Willd) یک گیاه شبه غله‌ای با قابلیت کشت بالا در ایران است. کینوا گیاهی است که به دلیل ارزش غذایی بسیار بالای دانه، توسط سازمان خواربار و کشاورزی با شیر خشک مقایسه شده است. به منظور بررسی تأثیر دما بر جوانه‌زنی گیاه کینوا تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل با هفت سطح دما (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ درجهٔ سلسیوس) و چهار سطح تنش شوری شامل (۰، ۴-، ۸-، ۱۲- میلی‌مول بر لیتر) انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد با افزایش تنش شوری در سطوح دمایی مختلف به جز شوری ۱۲- بار و دمای ۳۵ درجهٔ سلسیوس درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی سرعت جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری داشت. با افزایش غلظت شوری دمای پایهٔ جوانه‌زنی افزایش، ولی دمای سقف و همچنین محدودهٔ دمای بهینهٔ مجاز جوانه‌زنی با افزایش تنش شوری کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، جوانه‌زنی، دمای بهینه، گیاه کینوا.

مقدمه

یکی از چالش‌های اساسی که در سراسر جهان وجود دارد، کاهش عملکرد گیاهان به دلیل شوری خاک است (Munns & Tester, 2008). ۹۷/۵ درصد آب جهان شور است و همچنین بسیاری از نواحی زمین‌های شور دارند. فعالیت‌های انسانی این چالش را شدیدتر می‌کند. شوری یکی از مسائل اصلی تأثیرگذار روی میزان عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان بوده و بیش از ۷ درصد زمین‌های مسطح شور است (Hariadi *et al*., 2010). بنابراین بررسی روش‌های جدید برای کاهش این چالش‌ها ضروری است. یکی از این روش‌ها کاشت گیاهان نمک‌رست (هالوفیت) است که به سطوح بالایی از شوری خاک متحمل هستند (Koyro *et al*., 2008).

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd)، یک گیاه دولپه‌ای با حدود ۹۵ درصد خودگشنی از کوه های آند کرانهٔ غربی آمریکای لاتین (جنوبی) منشأ گرفته است (Jacobsen, 1998). گیاهی یکساله، پهن‌برگ، و ارتفاع آن ۲-۱ متر است و ریشه‌ای با نفوذپذیری عمیق دارد. این گیاه مقاومت زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیرزنده مانند سرما، شوری و خشکی از خود نشان می‌دهد و همچنین به خوبی قابلیت رشد در خاک‌های حاشیه‌ای را دارد (Jacobsen *et al*., 2009). امروزه به دلیل کیفیت بالای گیاهان دانه‌ای و قابلیت تولید بالای گیاه کینوا در شرایط سخت، در بیشتر مناطق جهان کشت می‌شود (Risi & Galwey, 1948). دانهٔ کینوا حاوی ۲۰-۱۴ درصد پروتئین و سرشار از اسید

* تلفن: ۰۹۱۵۱۸۲۶۲۰۹
E-mail: tavakkol@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

آمینه‌های ضروری مانند لیزین و متیونین است که در بیشتر گیاهان غله‌ای به میزان خیلی کمی وجود دارد (Prado *et al.*, 1989). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است، کشت ارقام مختلف کینوا به طیف گسترده‌ای از شرایط اقلیمی مانند نواحی با بارندگی بالا یا خشک، نواحی سرد یا گرم، نواحی با ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر از سطح دریا و بیشتر نواحی آمریکا، آسیا و اروپا قابلیت سازگاری بالایی دارد (Jacobsen, 2003). بیشتر رقم‌های کینوا به خوبی قابلیت رشد در شوری با غلظت ۴۰ دسی‌زمینس بر متر و حتی بیشتر را هم دارند. این میزان شوری برای بیشتر گیاهان زراعی بیش از حد آستانه است (Jacobsen *et al.*, 2001).

با توجه به این مطالب، با کشت گیاهان متحمل به شوری، سرما و گرما شاهد افزایش عملکرد گیاهان زراعی خواهیم بود. جوانه‌زنی بذر گیاه کینوا تحت تنش شوری با چالش روبه‌رو می‌شود، بنابراین در این تحقیق سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و دماهای اصلی و مهم (کاردینال) جوانه‌زنی بذر کینوا تحت چهار سطح شوری و هفت سطح دمایی بررسی شد. هدف از این مطالعه تأثیر تنش شوری در دماهای مختلف بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گیاه کینوا و تعیین دماهای اصلی و مهم در سطوح مختلف شوری است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرهای گیاه کینوا از رقم (Titicaca) و نیز تعیین دمای اصلی و مهم جوانه‌زنی، آزمایشی طراحی شد. بذرها از مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر تهیه شد. این آزمایش در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران اجرا شد. آزمایش در شرایط آزمایشگاهی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی، شامل شوری در چهار سطح (۰، ۴-، ۸-، ۱۲- میلی‌مول بر لیتر) و دما در هفت سطح (۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰ و ۵ درجهٔ سلسیوس) در ژرمیناتورها و در شرایط تاریکی بودند.

به این منظور ۲۵ بذر سالم و خالص کینوا شمارش شد و درون پتری سترون‌شدهٔ ۹ سانتی‌متری قرار داده شده و به هر پتری ۵ میلی‌لیتر محلول‌های مربوطه اضافه شد. آزمایش در سه تکرار انجام شد. نخستین شمارش بذرهای جوانه‌زده ۲۴ ساعت پس از انتقال آنها به ژرمیناتور صورت گرفت و بذرهایی که ریشه‌چهٔ آنها قابل رؤیت بود، به عنوان جوانه‌زده شمارش شده و از پتری خارج شدند. این کار در هر ۲۴ ساعت تا پایان هفت روز که جوانه‌زنی کامل می‌شد، به طور مرتب انجام گرفت. برای محاسبهٔ سرعت و درصد جوانه‌زنی بذرها از برنامهٔ Germin، Soltani *et al.* (2013) استفاده شد که این برنامه ویژگی‌های جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی و زمان لازم برای رسیدن به ۹۰ درصد جوانه‌زنی را محاسبه می‌کند و در انتها بر پایهٔ یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی، تجزیه شده و میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح ۵ درصد با یکدیگر مقایسه شدند. سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) به روش زیر محاسبه شد (Soltani *et al.*, 2008):

$$R50=1/D50$$

این رابطه سرعت جوانه‌زنی در ساعت را نشان می‌دهد.

برای کمّی‌سازی واکنش جوانه‌زنی به دما در قابلیت شوری مختلف و تعیین دماهای اصلی و مهم برای جوانه‌زنی بذرهای کینوا از مدل دندان‌مانند که معادلهٔ تابع آن به صورت زیر است، استفاده شد (Kamkar *et al.*, 2013):

$$f(T) = ((T-Tb)/(To_1-Tb)) \quad \text{if } Tb < T \leq To_1$$

$$f(T) = ((Tc-T)/(Tc-To_2)) \quad \text{if } To_2 < T \leq Tc$$

$$f(T) = 1 \quad \text{if } To_1 < T \leq To_2$$

$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

در این روابط T دمای میانگین روزانه (دمای آزمایش)، T_b دمای پایه، T_{O1} دمای مطلوب پایین، T_{O2}دمای مطلوب بالا و T_c دمای سقف بر حسب درجهٔ سلسیوس است. همچنین برای دقت مدل از مشخصه (پارامتر)های زیر استفاده شد:

۱. RMSE: جذر میانگین مربعات خطا

۲. R^2: ضریب تبیین رگرسیون بین مقادیر پیش‌بینی و مقادیر مشاهده‌شده.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

به‌طور کلی نتایج تجزیهٔ واریانس آزمایش تنش شوری بر جوانه‌زنی گیاه کینوا نشان داد که تأثیر دما، تنش شوری و اثر متقابل تنش شوری و دما بر همهٔ ویژگی‌های جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). از بین ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کینوا، سرعت جوانه‌زنی بذر در غلظت‌های شوری بالا و دماهای پایین بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت که با نتایج Adolf *et al*. (2013)، همخوانی داشت.

پایین‌ترین سطح دمای مورد بررسی در این آزمایش ۵ درجهٔ سلسیوس بود. بذرها در این دما تا قابلیت ۱۲- بار شوری ۱۰۰درصد جوانه زدند، ولی با افزایش تنش شوری در همهٔ دماها سرعت جوانه‌زنی و شاخص‌های دیگر جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد (جدول۲). از دمای ۵ درجه تا ۲۰ درجهٔ سلسیوس در همهٔ سطوح شوری جوانه‌زنی ۱۰۰درصد است ولی در دمای بالای ۳۵ درجهٔ سلسیوس و قابلیت شوری ۱۲-، درصد جوانه‌زنی به ۸۴ درصد کاهش یافت. با افزایش دما از ۵ به ۱۰ درجهٔ سلسیوس مقاومت به شوری بهبود یافت و همهٔ ویژگی‌های جوانه‌زنی به ویژه سرعت جوانه‌زنی افزایش پیدا کرد، به عبارت دیگر زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (جدول ۲). در دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس مقاومت به تنش شوری بهتر از ۵ و ۱۰ درجهٔ سلسیوس بود. با اینکه درصد جوانه‌زنی در این دماها مانند دماهای پایین‌تر ۱۰۰درصد بود سرعت جوانه‌زنی بذر بهبود یافت. سرعت جوانه‌زنی در این دما از ۰/۰۵۷ در شاهد (بدون تنش) به ۰/۰۲۸ در قابلیت ۱۲- کاهش یافت و اختلاف آنها نیز با شاهد معنی‌دار بود، ولی زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی با افزایش غلظت شوری افزایش یافت، بنابراین همان‌طور که گفته شد، کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر افزایش غلظت شوری است.

در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس بذر همانند دماهای ۵، ۱۰ و ۱۵ درجهٔ سلسیوس، ۱۰۰درصد جوانه‌زنی داشتیم. ولی سرعت جوانه‌زنی در این دما نسبت به سه دمای پیشین در سطوح مختلف شوری بهبود یافت. به‌طوری‌که سرعت جوانه‌زنی از ۰/۰۷۳ در سطح شاهد (بدون تنش) به ۰/۰۲۷ در قابلیت ۱۲- کاهش یافت. بهترین پاسخ به تنش شوری در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس مشاهده شد و شاخص‌های جوانه‌زنی در این دما نسبت به دیگر دماها پاسخ بهتری نشان دادند. سرعت جوانه‌زنی در این دما از ۰/۰۸۳ در تیمار شاهد به ۰/۰۷۶ در پتانسیل ۸- و ۰/۰۶۳ در پتانسیل ۱۲- کاهش یافت. در این دما نسبت به چهار دمای پیشین در همهٔ غلظت‌های شوری به کمترین شمار ساعت‌ها برای رسیدن به ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی مشاهده شد.

به‌طوری‌که برای رسیدن به ۵۰ و ۹۰ درصد جوانه‌زنی در تیمار شاهد به ترتیب ۱۲ و ۲۱ ساعت طول کشید، ولی در شوری ۱۲- به ترتیب ۲۱ و ۳۶ ساعت افزایش یافت. با افزایش دما از ۲۵ درجهٔ سلسیوس به ۳۰ درجهٔ سلسیوس ویژگی‌های جوانه‌زنی تفاوت معنی‌داری با همدیگر در سطح ۱درصد نداشتند. آخرین دمای مورد بررسی در این آزمایش ۳۵ درجهٔ سلسیوس بود و در مقایسه با دمای ۲۵ و ۳۰ درجهٔ سلسیوس درصد جوانه‌زنی فقط در پتانسیل ۱۲- در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار شد، به‌طوری‌که در همین غلظت شوری درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس از ۹۷ درصد به ۸۴ درصد کاهش یافت. در این دما سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد از ۰/۰۸۳ به ۰/۰۲۹ در شوری ۱۲- کاهش یافت. در این دما مقاوت به شوری با غلظت ۱۲- بار کاهش یافت.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کینوا تحت تیمار تنش شوری و دماهای مختلف

منابع تغییرات S.O.V	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		D90	D50	R50	درصد جوانه‌زنی
دما	۶	۵۷۳۳/۷۹**	۴۲۸۳/۰۱**	۰/۰۰**	۵۲/۴۴**
شوری	۳	۲۹۸۷/۳۷**	۱۶۵۶/۷۶**	۰/۰۰**	۲۲/۳۴**
دما × شوری	۱۸	۱۹۱/۳۶**	۱۱۱/۴۳**	۰/۰۰**	۲۰/۸۶**
خطا	۵۶	۲۸/۳۳	۹/۵۰	۰/۰۰	۳/۸۰
ضریب تغییرات (CV %)		۱۱	۹/۹۷	۹/۲۳	۱/۹۷

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. نتایج مقایسهٔ میانگین اثر متقابل دما و تنش شوری بر صفات اندازه‌گیری‌شده در مرحلهٔ جوانه‌زنی

دما	شوری	درصد جوانه‌زنی	R50	D50	D90
۵	۰	۱۰۰a	۰/۰۲Likg	۴۱/۸۸e	۶۵/۳۳de
	-۴	۱۰۰a	۰/۰۱ lmkn	۵۱/۱۰d	۷۱/۵۳dc
	-۸	۱۰۰a	۰/۰۱ lmn	۶۱/۳۲c	۸۰/۶۶bc
	-۱۲	۱۰۰a	۰/۰۱n	۸۲/۳۰a	۱۰۰/۰۵a
۱۰	۰	۱۰۰a	۰/۰۲ikj	۳۹/۹۸ e	۶۱/۴۳e
	-۴	۱۰۰a	۰/۰۲lmkj	۴۹/۳۰d	۶۸/۵۶de
	-۸	۱۰۰a	۰/۰۱lmn	۶۰/۵۱c	۸۲/۴۹b
	-۱۲	۱۰۰a	۰/۰۱mn	۷۱/۳۳b	۱۰۱/۳۱a
۱۵	۰	۱۰۰a	۰/۰۵d	۱۷/۵۱l	۴۰/۰۴g
	-۴	۱۰۰a	۰/۰۳fg	۲۸/۳۴i	۴۳/۹۳fg
	-۸	۱۰۰a	۰/۰۲۸hij	۳۵/۲۱g	۴۶/۰۳fg
	-۱۲	۱۰۰a	۰/۰۲۸hij	۳۵/۵۷g	۴۶/۷۱fg
۲۰	۰	۱۰۰a	۰/۰۷۳b	۲۵/۲۵j	۴۵/۱۳fg
	-۴	۱۰۰a	۰/۰۴f	۲۹/۳۷h	۴۴/۲۷fg
	-۸	۱۰۰a	۰/۰۳hfg	۳۶/۹۲g	۵۰/۸۱f
	-۱۲	۱۰۰a	۰/۰۲hikj	۱۳/۶۹l	۲۷/۶۵hi
۲۵	۰	۹۸/۶۶a	۰/۰۸a	۱۲/۱۶l	۲۱/۹i
	-۴	۹۸/۶۶a	۰/۰۷ab	۱۲/۷۱l	۲۲/۸۸i
	-۸	۹۸/۶۶a	۰/۰۷ab	۱۳/۰۸l	۲۴/۹۲۶i
	-۱۲	۹۸/۶۶a	۰/۰۶cd	۱۶/۰۱lk	۳۶/۷۷hg
۳۰	۰	۹۸/۶۶a	۰/۰۸ab	۱۲/۳۳l	۲۲/۲i
	-۴	۹۸/۶۶a	۰/۰۸a	۱۲l	۲۱/۶i
	-۸	۹۷/۳۳a	۰/۰۷ab	۱۳/۷۹l	۲۸/۰۲hi
	-۱۲	۹۷/۳۳a	۰/۰۵e	۲۰/۲۴jk	۴۳/۲۸fg
۳۵	۰	۹۷/۳۳a	۰/۰۸a	۱۲l	۲۱/۶i
	-۴	۹۷/۳۳a	۰/۰۷ab	۱۲/۵۳l	۲۲/۵۵i
	-۸	۹۷/۳۳a	۰/۰۶c	۱۵/۴۶lk	۳۹/۳۳g
	-۱۲	۸B	۰/۰۲hig	۳۳/۶۸gh	۷۳/۲۶dc

در نتیجه می‌توان گفت که بیشترین محدودهٔ دمایی مجاز برای جوانه‌زنی بذر در سطوح شوری ۰ بود به‌طوری‌که با افزایش غلظت شوری محدودهٔ دمایی مجاز برای جوانه‌زنی، محدودتر می‌شود. در مجموع نتایج نشان داد با افزایش غلظت شوری در دماهای مختلف، همهٔ مشخصه‌های جوانه‌زنی کاهش یافتند. با کاهش دما و افزایش پتانسیل شوری سرعت جوانه‌زنی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. به‌طوری‌که با فزایش دما در پتانسیل شوری بالاتر سرعت جوانه‌زنی نسبت به دماهای پایین کمتر کاهش یافت و این نتایج با نتایج Chilo *et al.* (2009) همخوانی دارد. در پژوهش‌های دیگر محققان از جمله نتایج تحقیقات Tavakkol Afshari *et al.* (2014) که اظهار داشته‌اند، شوری سرعت و درصد جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد و با افزایش تنش شوری بر میزان این کاهش افزوده می‌شود، همخوانی دارد. Cerboncini *et al.* (2004) نیز اعلام کرده‌اند که شوری باعث افزایش زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر کلزا می‌شود. بنابراین کاهش سرعت جوانه‌زنی در شوری نسبت به شاهد در دماهای مختلف را می‌توان به اثرگذاری‌های سمی یونی نمک، نسبت داد (Alem *et al.*, 2001). Puppala *et al.* (1999) نیز موارد بالا را تأیید و اعلام کرده‌اند که با افزایش غلظت شوری در محیط اطراف بذر، بذر مدت

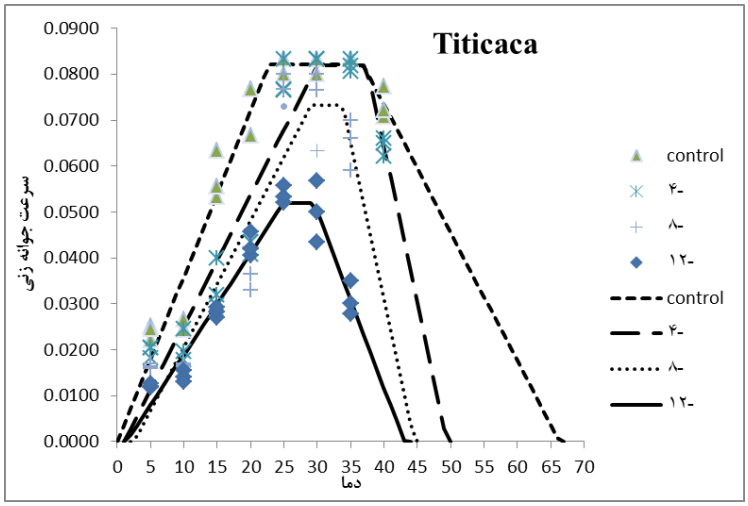
www.SID.ir

Archive of SID

زمان بیشتری نیاز دارد تا بتواند آب مورد نیاز خود را جذب کرده و فرایندهای سوخت‌وسازی (متابولیکی) و فیزیولوژیکی مرتبط با جوانه‌زنی را انجام دهند. Mehra & Powell (2003) در آزمایشی روی بذرهای کلزا دریافتند که شوری، منجر به کاهش سرعت جوانه‌زنی ولی در شرایط کنترل با آبگیری دوبارهٔ بذرها، باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی می‌شود.

محاسبهٔ دماهای اصلی و مهم سرعت جوانه‌زنی گیاه کینوا

کمّی‌سازی واکنش جوانه‌زنی بذرهای کینوا در دماها و سطوح مختلف شوری با کمک مدل دندان‌مانند به خوبی برازش شد. مقادیر RMSE (جذر میانگین مربعات خطا)، R^2 (ضریب تبیین)، T_b (دمای پایه)، T_{O1} (دمای بهینهٔ پایین)، T_{O2} (دمای بهینهٔ بالا) و T_C (دمای سقف) مربوط به مقادیر ساعت تا ۵۰درصد جوانه‌زنی پیش‌بینی‌شدهٔ مدل دندان‌مانند در پتانسیل‌های مختلف شوری در جدول ۳ نشان داده شده است. در تیمار شاهد دمای بهینهٔ اول (T_{O1}) ۲۲ درجهٔ سلسیوس و دمای بهینهٔ دوم (T_{O2}) ۳۶ درجهٔ سلسیوس با اطمینان ۹۳درصد برای جوانه‌زنی بهینهٔ بذر گیاه و ۶۶ درجه برای بیشینهٔ (T_C) و ۰/۰۳ درجه برای پایهٔ (T_b) است (جدول ۳). بنابراین دماهای اصلی و مهم بذر گیاه کینوا افزون بر سطوح شاهد، در همهٔ سطوح شوری توسط مدل دندان‌مانند برازش شد. با افزایش سطوح شوری محدودهٔ دمایی جوانه‌زنی کاهش یافت. به‌طوری‌که کمترین محدودهٔ دمایی جوانه‌زنی در سطح شوری ۱۲- بار مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱. مدل دندان‌مانند برازش‌داده‌شده برای محاسبهٔ دماهای اصلی و مهم بذر کینوا در چهار سطح شوری

جدول ۳. محاسبهٔ دماهای اصلی و مهم بذر کینوا در سطوح مختلف شوری با استفاده از مدل دندان‌مانند

سطوح شوری	T_b	T_{o1}	T_{o2}	T_c	R^2	RMSE
۰	۰/۰۳	۲۲/۸۲	۳۶/۸۴	۶۶/۳۰	۰/۹۳	۰/۵۲
-۴	۱/۰۲	۳۰	۳۷/۴۲	۴۹/۴۰	۰/۸۷	۰/۷۲
-۸	۲/۵۲	۲۹/۰۸	۳۳/۷۸	۴۴/۵۶	۰/۸۱	۰/۹۵
-۱۲	۱/۳۹	۲۵	۲۹/۵۱	۴۳/۰۴	۰/۹۲	۰/۳۷

میزان دمای پایهٔ D_{50} برای سطوح مختلف شوری (۰، ۴-، ۸-، ۱۲-) به ترتیب برابر ۰/۰۳، ۱/۰۲، ۲/۵۲، ۱/۳۹ بود (جدول ۳). میزان دمای T_{O1} برای D_{50} در سطوح مختلف شوری (۰، ۴-، ۸-، ۱۲-) به ترتیب برابر ۲۲/۸۲، ۳۰، ۲۹/۰۸، ۲۵، میزان T_{O2} هم به ترتیب برابر ۳۶/۴۸، ۳۷/۴۲، ۳۳/۷۸، ۲۹/۵۱ و میزان دمای سقف هم به ترتیب برابر ۶۶/۳۰، ۴۹/۴۰، ۴۴/۵۶، ۴۳/۰۴ بود (جدول ۳). همان‌طور که گفته

www.SID.ir

Archive of SID

شد کمترین دمای پایه و بیشترین دمای سقف در سطح شوری ۰ به‌دست‌آمده با نتایج Nozari-nejad *et al*. (2013) که روی گندم کار شده بود، همخوانی دارد. Ganjeali *et al*. (2006)، از مدل‌های بتا، دوتکه‌ای و دندان‌مانند برای مدل‌سازی سبز شدن گیاه نخود در دماها و عمق‌های مختلف استفاده کردند و مدل دندان‌مانند را به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سبز شدن این گیاه معرفی کرده‌اند. مقادیر RMSE برای سطوح مختلف شوری (۰، ۴-، ۸-، ۱۲-) به ترتیب برابر ۰/۵۲، ۰/۷۲، ۰/۹۵ و ۰/۳۷ و میزان ضریب تبیین برای پتانسیل‌های مختلف شوری به ترتیب برابر ۰/۹۳، ۰/۸۷، ۰/۸۱ و ۰/۹۱ با استفاده از این مدل برازش شد.

در این آزمایش با کاهش پتانسیل شوری دمای پایه زیاد شده است که با نتایج Kebreab & Murdoch (1999)، همخوانی دارد. بر عکس دمای پایه، با افزایش پتانسل شوری دمای سقف کاهش یافت که با نتایج Soltani *et al*. (2013) که روی خردل وحشی کار شده بود، همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که گیاه کینوا در مناطق با شوری بالا و دماهای خیلی پایین و دماهای خیلی بالا قابلیت سازگاری بالایی دارد. دمای پایهٔ جوانه‌زنی بذرها کمتر از ۲ درجهٔ سلسیوس بود که نشان‌دهندهٔ مقاومت بالای این گیاه به سرما است. بالاترین مقاومت به تنش شوری در دماهای ۲۰ تا ۳۰ درجهٔ سلسیوس به‌دست آمد. شاید بتوان با کشت این گیاه در زمین‌های شور و مناطق گرم و سرد ایران، محصول با کمیت و کیفیت بالایی برداشت کرد.

REFERENCES

1. Alam, M. Z. (2001). *The effects of salinity on germination, growth and mineral composition of modern rice cultivars*. Ph.D. thesis. Department of Agriculture and Foresty. University of Aberdeen. UK.
2. Adolf, V.I., Jacobsen, S.E. & Shabala, S. (2013). Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environmental and Experimental Botany*, 92, 43-54.
3. Akram-Ghaderi, F., Soltani, E., Soltani, A. & Miri, A. A. (2008). Effect of priming on response of germination to temperature in cotton. *Iranian Journal of Agric Sci Natur Resour*, 15(3). (in Farsi)
4. Chilo, G., Molina, M.V., Carabajal, R. & Ochoa, M. (2009). Temperature and salinity effects on germination and seedling growth on two varieties of *Chenopodium quinoa*. *Agri Scientia*, 26(1), 15-22.
5. Cerboncini, C., Phap, V. A., Brandt, A., Krause, J., Friebe, A. & Schabl, H. (2004). Influence of salt stress on photosynthesis in moder rice varieties (*Oryza sativa* L.) In: Proceedins of *the 13th Int. Congress of Photosynthesis*, Montreal, Canada. Allenpress- Quebec. CA, Canada. pp: 851.
6. Ganjeali, A., Parsa, M. & Khatib, M. (2006). Quantifying seed germination response of Chickpea genotypes under temperature and drought stress regimes. *Iranian Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture*, 8(1). (in Farsi)
7. Gonzalez, J. A., Roldan, A., Gallardo, M., Escudero, T. & Prado, F. E. (1989). Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* (‘quinoa’). *Plant foods for human nutrition*, 39(4), 331-337.
8. Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.E. & Shabala, S. (2011). Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. *Journal of experimental botany*, 62(1), 185-193.
9. J. Risi, N.W. (1984). Galwey the *Chenopodium* grains of the Andes Inca crops for modern agriculture. *Advances in Applied Biology*, 10, 145-216.
10. Jacobsen, S.E. (1998). Developmental stability of quinoa under European conditions. *Industrial crops and products*, 7(2), 169-174.
11. Jacobsen, S. E., Liu, F. & Jensen, C. R. (2009). Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Scientia Horticulturae*, 122(2), 281-287.
12. Jacobsen, S. E., Quispe, H. & Mujica, A. (2001). Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. *Scientist and Farmer-Partners in Research for the 21st Century. CIP Program Report*, 2000, 403-408.
13. Jacobsen, S.-E., Mujica, A. & Jensen, C.R. (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Reviews International*, 19 (1 and 2), 99-109.
14. Kamkar, B., Jami Al-Alahmadi, M., Mahdavi-Damghani, A. & Villalobos, F.J. (2012). Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. *Industrial Crops and Products*, 35(1), 192-198.

www.SID.ir

Archive of SID

15. Karavani, B., Tavakkol Afshari, R., Majnoon Hosseini, N. & Moosavi, S. A. (2014). Evaluation of germination parameters of *Scrophularia striata* under water and salinity stresses at different temperatures. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45(2), 265-275. (in Farsi)
16. Kebreab, E. & Murdoch, A. J. (1999). Modelling the effects of water stress and temperature on germination rate of *Orobanche aegyptiaca* seeds. *Journal of Experimental Botany*, 50(334), 655-664.
17. Koyro, H-W. & Eisa, S.S. (2008). Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. *Plant and Soil*, 302, 79-90.
18. Mehra, V. T. R. & Powell, A. A. (2003). Aerated hydration treatment improves the response of *Brassica compestris* seeds to stress during germination. *Seed Sci and Technol*, 31(1), 57-70.
19. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol*., 59, 651-681.
20. Nozari-nejad, M., Zeinali, E., Soltani, A., Soltani, E. & Kamkar, B. (2013). Quantify wheat germination rate response to temperature and water potential. *Iranian Journal of Science and Natural Resource*, 6(4), 117-135. (In Farsi)
21. Puppala, N., Foler, J. L., Poindexter, L. & Bhardwaj, H. L. (1999). *Evaluation of salinity tolerance of canolagermination*. ASHS Press. Alexandria, VA.
22. Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F. & Zeinali, E. (2013). Seed germination modeling of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. *Iranian Journal of Plant Production*, 20(1). (in Farsi)
23. Soltani, E., Soltani, A. & Oveisi, M. (2013). Modeling Seed Aging Effect on Wheat Seedling Emergence in Drought Stress: Optimizing Germin Program to Predict Emergence Pattern. *Iranian Journal of Agricultural Agronomy*, 15(2), 147-160. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 46, No. 4, Winter 2016

Evaluation of various temperatures on Quinoa plant seeds under salinity stress

Arash Mamedi[1], Reza Tavakkol Afshari[2*], Niaz Ali Sepahvand[3] and Mostapha Oweyse[4]

1. Former M. Sc. Student, Seed Science and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Professor, Department of Crop Science, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran
4. Assistant Professor, Abureyhan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Iran

(Received: Feb. 17, 2015 - Accepted: Jun. 13, 2015)

ABSTRACT

Quinoa (*Chenepodium quinoa* Willd) is a grain-like crop which has a high production potential in Iran. Due to its seeds high nutritional value, it is compared with milk by the FAO. In order to study the effects of temperatures on seed germination of *Quinoa seeds under* salinity stress conditions, an experiment was conducted in Seed Lab of the University of Tehran in Karaj. Temperatures regimes included 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35°C. At each temperature four salinity treatments (zero, -4, -8 and -12 bars) using NaCl were used. Results showed that increasing salinity stress decreased significantly germination rate but did not affect germination percentage except in 35°C at -12 bar. Basal temperature (T_b) for Quinoa germination was increased in high salinity potentials, but ceiling temperature (T_c) decreased. The germination data indicated that high salinity resulted in the narrow germination temperature in Quinoa seed.

Keywords: germination, optimum temperature, quinoa plant, salinity stress.

* Corresponding author E-mail: tavakkol@ut.ac.ir Tel: +98 915 1826209

www.SID.ir