Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۸
۹۲۳-۹۳۲
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.1514.1341

مقاله پژوهشی

تأثیر تاریخ کاشت بر مراحل فنولوژی و عملکرد دانه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) در شرایط شور

معصومه صالحی[۱]، ولی سلطانی[۲]، فرهاد دهقانی [۱]
۱. استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد
۲. کارشناس ارشد مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۸

چکیده

آشنایی با مراحل فنولوژیک و نمو گیاه در تعیین تاریخ کاشت و عملیات زراعی در شرایط آب و هوایی مختلف اهمیت بسیاری دارد. به‌منظور بررسی اثرات تاریخ کاشت بر مراحل فنولوژیکی و عملکرد دانه کینوا (NSRCQ1) در هشت تاریخ کاشت (۵/۳۱، ۶/۱۵، ۷/۴، ۷/۱۵، ۸/۱، ۱۲/۵، ۱۲/۱۷ و ۱/۱۱) با سه تکرار با آب‌شور 14 dS/m در مزرعه تحقیقات شوری صدوق مرکز ملی تحقیقات شوری در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ کشت شد. نتایج نشان داد که کینوا قادر است در اولین تاریخ کاشت با طول دوره رشد ۱۰۸ روز عملکرد دانه‌ای معادل $2/34\ t\ ha^{-1}$ تولید نماید. در تاریخ کاشت ۴ مهر، کاهش دما (۴/۵- درجه سانتی‌گراد) و تنش یخ‌زدگی باعث از بین رفتن گیاه در مرحله گل‌دهی شد. گیاهانی که در مهر و آبان کشت شده بودند و در طول زمستان زنده مانده بودند، بذر تولید نکردند. بذرهای کشت شده در تاریخ ۵ اسفندماه طی دورهٔ ۱۳۲ روزه، عملکرد دانه‌ای معادل $1/6\ t\ ha^{-1}$ تولید کردند. نتایج این بررسی نشان داد که تأثیر درجه حرارت زیاد (۳۲ °C) برای تاریخ کاشت اسفند و فروردین و درجه حرارت کم (۱۳/۵ °C) برای تاریخ کاشت اواسط شهریور در طول دوره پر شدن دانه، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد و اندازه دانه در سطح ۵ درصد شد. با توجه به اینکه کینوا (NSRCQ1) گیاهی روزکوتاه بوده و طول روزهای طولانی‌تر از ۱۲ ساعت، زمان رسیدن به مرحله گل‌دهی را افزایش می‌دهد، بنابراین، از میان تاریخ‌های کشت موردبررسی، تاریخ کشت اول شهریورماه، به دلیل دوره رشد کوتاه‌تر و عملکرد دانه بالاتر برای منطقه موردمطالعه، در استان یزد مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: **تاریخ کشت، تنش شوری، مراحل رشدی، مراحل نموی گیاه**

مقدمه

مهم‌ترین عواملی که تولیدات کشاورزی در ایران را تهدید می‌کند کمبود کمیت و کیفیت آب و شوری خاک است. بیش از ۹۰ درصد از ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است (Shiati, 1998). حدود ۱۱ درصد از آب رودخانه‌ها دارای شوری بیشتر از ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند (Shiati, 1998). بر اساس تخمین موسسه تحقیقات خاک و آب حدود ۴۴/۵ میلیون هکتار (حدود ۲۷ درصد از اراضی) تحت تأثیر درجات مختلفی از شوری هستند. خاک‌هایی با شوری بالا بیشتر در فلات مرکزی حاشیه جنوبی و خوزستان قرارگرفته‌اند. در ایران ۲۸ اقلیم مختلف شناسایی شده است (Ghaffari et al., 2014). حدود ۵۴ درصد از مساحت کشور دارای اقلیم بیابانی با تابستان گرم و بسیار گرم با تبخیر و تعرق و نیاز آبی بالا است. اراضی شور با درجات مختلف شوری در چهار گروه اقلیمی قرارگرفته‌اند. بیشتر اراضی شور (۵۵ میلیون هکتار تقریباً ۳۴ درصد کشور) در فلات مرکزی و نواحی ساحلی و خوزستان قرار گرفته است. بارندگی سالیانه ایران ۲۵۰ میلی‌متر است که ۳۰ درصد بارش جهان بوده و ۷۰ درصد از این بارش تبخیر می‌شود. میزان

* نگارنده پاسخگو: معصومه صالحی. پست الکترونیک: salehimasomeh@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

تبخیر کشور از ۷۰۰ میلی‌متر در حاشیه دریای خزر تا ۴۰۰۰ میلی‌متر در استان خوزستان و نواحی کویری است. در حال حاضر ایران ۸۰ درصد از منابع آب تجدیدپذیر را استفاده نموده است و بخش کشاورزی مهم‌ترین مصرف‌کننده آب است (Shahrestani, 2013). یکی از راهکارهای کاهش فشار بر منابع آب شیرین استفاده از منابع آب‌شور است. کشاورزی شورزیست استفاده از منابع آب‌وخاک شور به‌منظور تولید گیاهان زراعی متحمل به تنش شوری و گیاهان هالوفیت است (Kafi et al., 2012). بیش از ۵۰۰۰۰ گونه گیاهی موجود در جهان، تعداد خیلی کمی نقش مهمی در تغذیه انسان‌ها دارند. تنها ۱۵ گیاه ۹۰ درصد انرژی موردنیاز انسان‌ها را تأمین می‌کنند و از این میان برنج، ذرت و گندم دوسوم انرژی را تأمین می‌کنند (Panta et al., 2014). ازآنجایی‌که در فلات مرکزی ایران شوری آب زیرزمینی در حال افزایش بوده و آب با شوری بیشتر از ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر برای گیاهان زراعی متداول اقتصادی نیست، باید گیاهان جدید را معرفی نمود که بتواند شوری بالای آب را تحمل نمایند.

کینوا (*Chenopodium quinoa*) یک گیاه هالوفیت اختیاری است و برخی ارقام قادرند چرخه زندگی خود را در شوری ۴۰۰ میلی‌مولار کامل کنند (Hariadi et al., 2011; Razzaghi et al., 2011). بهترین مقدار رشد کینوا در شوری ۱۰ dS/m مشاهده شده است (Jacobsen et al., 2003; Koyro and Eisa, 2008; Brakez et al., 2013). کینوا در بولیوی، پرو و اکوادور از حدود ۷۰۰۰ سال کشت می‌شده است (Jacobsen et al., 2003). توجه جهانی بر روی این گیاه به دلیل ارزش غذایی بالای آن زیاد است (Jacobsen et al., 2003a; Garcia et al., 2015; Nowak et al., 2015). کینوا دارای میزان بالایی پروتئین، تعادل اسیدهای آمینه‌ی بهتر از گندم و برنج و همچنین دارای میزان بالایی آهن و کلسیم است (James, 2009). این گیاه بدون گلوتن بوده و غذای مناسبی برای افراد مبتلا به بیماری سلیاک بوده و دانه کامل آن به دلیل کم بودن شاخص گلایسیمیک[1] از دیابت نوع ۲ جلوگیری می‌کند و می‌تواند جایگزین غلات معمول در رژیم غذایی افراد دیابتی شود. بیشتر ژنوتیپ‌های کینوا حساس به طول روز هستند. حساسیت به طول روز نقش مهمی در سازگاری گیاه به شرایط محیطی منطقه آند دارد. این حساسیت به فتوپریود موجب می‌شود گیاه قبل از شروع سرما و تنش خشکی آخر فصل چرخه زندگی خود را کامل کند (Bertero, 2003). درحالی‌که ژنوتیپ‌های مناسب برای عرض‌های جغرافیایی بالا (کشورهای اروپایی و آمریکا) باید حساسیت به طول روز کمتری داشته باشند. کینوا در کشورهای دانمارک، ایتالیا و ترکیه به‌صورت بهاره کشت می‌شود که در زمان رسیدگی طول روز ۱۶-۱۵ ساعت دارند (Razzaghi, 2011; Bazile et al., 2013; Lavini et al., 2014). طول روز طولانی از طریق دو عامل بر عملکرد تأثیر می‌گذارد. گیاهانی که دارای واکنش کمی به فتوپریود هستند درجه روزرشد موردنیاز آن‌ها به‌شدت تحت تأثیر طول روز قرار می‌گیرد؛ بنابراین طول دوره رشد اهمیت زیادی در سازگاری کینوا به محیط جدید دارد.

دمای پایه کینوا برای جوانه‌زنی صفر گزارش شده است (Bios et al.,2006). بعد از مرحله جوانه‌زنی دمای پایه ۱ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب ۲۲ درجه سانتی‌گراد است. این گیاه حساس به سرما بوده و دمای ۵- و ۶- درجه سانتی‌گراد سبب بروز تنش یخزدگی در آن می‌شود (Bios et al., 2006). بایوس و همکاران (Bios et al., 2006) گزارش کردند دمای ۲- °C به مدت ۴ ساعت موجب جمع شدن برگ‌های انتهایی گیاه در اطراف غنچه گردید و تا دمای ۳- °C خسارتی در گیاه مشاهده نشد. درحالی‌که در دمای ۴- °C ساقه برخی بوته‌ها شکسته و در دمای ۵- و ۶- سانتی‌گراد، گیاه به‌شدت آسیب دید به‌طوری‌که در دوره بازیافت ۲۴ ساعت هیچ گیاهی زنده نماند. درجه حرارت، در طول مراحل مختلف رشدی تأثیر متفاوتی بر رفتارهای گیاه دارد. در مرحله جوانه‌زنی درجه حرارت پایین موجب تأخیر در آبنوشی و خروج ریشه‌چه می‌شود (Rosa et al., 2004). در طول دوره گل‌دهی، تنش یخزدگی موجب از بین رفتن کامل گیاه می‌شود درحالی‌که در مراحل ابتدایی رشد تأثیری بر گیاه ندارد (Jacobsen et al., 2005). در طول دوره رشد کینوا، دمای کمتر از ۲ °C در طول شب، سبب کاهش ارتفاع و بیوماس گیاه تا مقدار ۵۰ درصد می‌شود (Nina laura et al., 2004). به دلیل تنوع اقلیمی ایران، یکی از موارد قابل‌توجه بررسی اثر تاریخ کاشت به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر در سازگاری و افزایش عملکرد گیاه است؛ بنابراین، مطالعه حاضر با هدف تعیین تاریخ کاشت مناسب کینوا در روستای حسین‌آباد واقع در شهرستان اشکذر یزد اجراشده و

[1] Glycemic Index

www.SID.ir

Archive of SID

طی آن واکنش مراحل فنولوژیکی کینوا به درجه حرارت و طول روز موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات شوری صدوق مرکز ملی تحقیقات شوری در یزد (۵۴/۲ درجه شرقی و ۳۲/۰۵ درجه شمالی) انجام شد. بافت خاک شنی لومی و شوری عصاره اشباع خاک در ابتدای فصل و در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری، ۱۰ dS/m بود. این منطقه دارای اقلیم خشک، تابستان گرم (حداکثر دما ۴۴ °C) و زمستان خنک (۶- °C) و میانگین بارش سالیانه ۵۰ میلی‌متر است. آزمایش در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. رقم کینوا NSRCQ1 در ۸ تاریخ کاشت (۳۱ مرداد، ۱۵ شهریور، ۴ مهر، ۱۵ مهر، ۱ آذر، ۵ اسفند، ۱۷ اسفند و ۱۱ فروردین) در سال ۹۵-۱۳۹۴ کشت شد. هم‌زمان با آماده‌سازی زمین مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود NPK به‌عنوان کود پایه به خاک افزوده شد. کاشت بذر به‌صورت دستی و در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۳-۵ سانتی‌متر بود. جهت اطمینان از سبز شدن و استقرار اولیه، یک نوبت آبیاری با آب شیرین و یک نوبت آبیاری با آب ۱۰ dS/m و سپس آبیاری با آب‌شور ۱۴ dS/m انجام شد. وجین علف‌های هرز در مرحله ۳-۴ برگی کینوا هم‌زمان با تنک انجام شد. فاصله آبیاری هر ۱۰ روز یک‌بار تا زمان تغییر رنگ برگ‌ها بود. در طول مرحله غنچه‌دهی و گل‌دهی نیز از ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره استفاده شد. یکی از مهم‌ترین آفات کینوا در طول دوره رشد رویشی لارو کارادرینا (*Spodoptera exigua*) بود که به‌وسیلهٔ سم سایپرمترین و آوانت کنترل شد. مراحل فنولوژیک (سبز شدن، غنچه‌دهی، گرده‌افشانی و شروع تغییر رنگ برگ و برداشت) برای هر مرحله رشدی یادداشت‌برداری شد. در طول فصل رشد درجه روزرشد مراحل مختلف رشدی با استفاده از تابع دندان مانند محاسبه گردید (معادله ۱) (Soltani et al., 2006). در طول آزمایش برخی از تیمارها به دلیل یخ‌زدگی و عدم تولید بذر حذف شدند و مقایسه میانگین بین ۴ تاریخ کاشت که بذر تولید کردند با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین با روش LSD انجام شد.

$$F(T)=\begin{cases}\dfrac{T-T_b}{T_{o1}-T_b} & if\ T_b<T<T_{o1}\\ \dfrac{T_c-T}{T_c-T_{o2}} & if\ T_{o2}<T<T_c\\ 1 & if\ T_{o1}\le T\le T_{o2}\\ 0 & if\ \ T\le T_b\ or\ T\ge T_c\end{cases} \quad [۱]$$

در این معادله T_b دمای پایه، T_{o1} دمای حداقل پایین، T_{o2} دمای حداکثر بالا، T_c دمای سقف است.

جدول ۱. کیفیت آب آبیاری مورداستفاده

Table 1.Analysis of applied water quality

منبع آب **Water resources**	هدایت الکتریکی **EC**	نسبت جذب سدیم **SAR**	سدیم **Na**	کلسیم **Ca**	منیزیم **Mg**
Saline water	dS/m		---------- $mg.l^{-1}$ ----------		
آب‌شور	14.52	23.18	104.57	13.2	28.52

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه، ارتفاع، وزن هزار دانه و زیست‌توده معنی‌دار بود (جدول ۲). میزان زیست‌توده تولیدی کینوا در تاریخ کاشت ۵ اسفند ۶۵ گرم در بوته و در تاریخ کاشت شهریور ۴۱ گرم در بوته بود. تأثیر تاریخ کاشت بر ارتفاع گیاه و تعداد شاخه جانبی تا تاریخ کاشت ۱۷ اسفند معنی‌دار نبود و این صفات در تاریخ کاشت ۱۱ فروردین کاهش معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان دادند. این ژنوتیپ در تاریخ کاشت ۵ اسفند، زیست‌توده و تعداد شاخه بیشتری تولید نمود (جدول ۳). با تأخیر در تاریخ کاشت بهاره وزن هزار دانه کاهش معنی-دار داشت. بالاترین وزن هزار دانه (۳ گرم) و عملکرد دانه (۲۳۴۳ کیلوگرم در هکتار) در تاریخ کاشت اول شهریور مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در تاریخ‌های مختلف کاشت کینوا

Table 2. Analysis of variance of measured characteristics in different sowing date of quinoa

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield (Kg. ha^{-1})	تعداد شاخه جانبی Lateral stem number	ارتفاع بوته plant height (cm)	زیست‌توده اندام هوایی Shoot Biomass (g. plant^{-1})	وزن هزار دانه 1000 Kernel weight (g)
Block	**بلوک**	2	72475^{ns}	5.7^{ns}	31.9^{ns}	32.6^{ns}	0.03 ^{ns}
Treatment	**تیمار**	3	13977581*	48.8^{ns}	72.1**	1271.8**	1.8**
Error	**خطا**	6	287481	20.6	9.7	51.9	0.04
CV%	**ضریب تغییرات (٪)**	-	*34.9*	*24.5*	*3.6*	*17.5*	*11.2*

n.s و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

n.s and **: Non – significant and significant at 1% level of probability, respectively

جدول ۱. تأثیر تاریخ کاشت بر نمو فنولوژیک و مقایسه میانگین صفات زراعی کینوا

Table 3. Effect of sowing date on phenologic stage and mean comparison of quinoa agronomic characteristics

Phenologic stage	مرحله فنولوژیک	Sowing date / تاریخ کاشت							
		۱ شهریور	۱۵ شهریور	۴ مهر	۱۵ مهر	۱ آبان	۵ اسفند	۱۷ اسفند	۱۱ فروردین
		22 Aug	6 Sep	26 Sep	7 Oct	24 Oct	24 Feb	7 March	30 March
		Day after sowing / روز بعد از کاشت							
Emergence	**سبز شدن**	5	6	6	7	9	7	6	7
Flora initiation	**غنچه دهی**	32	36	37	یخزدگی		41	41	39
Flowering	**گل‌دهی**	56	56	77			75	61	74
Color change	**تغییر رنگ**	68	70	یخزدگی			112	105	94
Harvesting	**برداشت**	108	123			146	132	126	110
		Measured characteristics / صفات اندازه‌گیری شده							
Seed yield (Kg ha^{-1})	**عملکرد دانه**		0.56	عدم تشکیل بذر			1637 ^{ab}	1478 ^{ab}	680 ^{b}
1000 Kernel weight	**وزن هزار دانه (g)**	2.93 ^{a}	-	-	-	-	1.67 ^{b}	1.36 ^{bc}	1.16 ^{c}
Plant height (cm)	**ارتفاع بوته**	91.53 ^{a}	-	-	-	-	89.06 ^{a}	85.7 ^{ab}	80.2 ^{b}
Biomass (g plant^{-1})	**بیوماس**	41.55 ^{b}	-	-	-	-	65.23 ^{a}	42.93 ^{b}	14.91 ^{c}
Lateral stem number	**تعداد شاخه جانبی**	18.13 ^{ab}	-	-	-	-	22.63 ^{a}	20.06 ^{ab}	13.1 ^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter are not significantly different at 5% probability level using LSD Test.

ژنوتیپ موردمطالعهٔ کینوا در این آزمایش در تاریخ کاشت اول شهریور، طی دوره رشد کوتاه‌تر، عملکرد دانه بالاتری تولید نمود (جدول ۲). این ژنوتیپ در طول ۵ روز پس از کاشت در تاریخ کاشت شهریور ۱۰۰ درصد سبز شد (جدول ۳). غنچه دهی در تاریخ‌های کاشت مختلف، ۴۱-۳۲ روز بعد از کاشت آغاز شد. اختلاف بین تاریخ‌های کاشت برای شروع مرحله غنچه‌دهی ۹ روز بود. زمان تا گل‌دهی در تاریخ‌های کاشت متفاوت ۷۷-۵۶ روز بعد از کاشت بود و اختلاف بین تاریخ‌های کاشت برای شروع گل‌دهی ۲۱ روز بود. شروع گل‌دهی و تغییر رنگ برگ‌ها در تاریخ کاشت شهریور به ترتیب، ۱۹ و ۴۴ روز زودتر نسبت به تاریخ کاشت ۵ اسفند بود (جدول ۳). کوتاه‌ترین و بلندترین دوره رشد در تاریخ کاشت شهریور و ۵ اسفند مشاهده شد. طول دوره رشدی کینوا برای تاریخ کاشت ۱۱ فروردین، به ترتیب ۲۲ و ۱۶ روزکوتاه‌تر از دوره رشد گیاه در تاریخ کاشت ۵ اسفند و ۱۷ اسفند بود. طول دوره پر شدن دانه در تاریخ کشت‌های شهریور، ۵ اسفند، ۱۷ اسفند و ۱۱ فروردین به ترتیب ۱۲،

www.SID.ir

Archive of SID

۳۷، ۴۴ و ۲۰ روز بود. کوتاه‌ترین و بلندترین دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت ۱ شهریور و ۱۷ اسفند مشاهده شد.

کینوا از محدود گیاهانی است که تا حدی به سرما متحمل بوده و میزان تحمل به سرمای آن تا حد زیادی به دوره سرما، مرحله رشدی، واریته، رطوبت نسبی و شرایط خرد اقلیم بستگی دارد (Garcia et al., 2015). در این مطالعه دمای ۴/۵°C- سبب خسارت در مرحله گل‌دهی و غنچه‌دهی کینوا شد (۷۷ و ۶۶ روز بعد از کاشت) ولی در مرحله ۱۲ برگی گیاه قادر به تحمل دمای ۴/۵ °C- بود، ولی درنهایت بذری تولید نکرد. البته این واکنش به ژنوتیپ بستگی دارد و بررسی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در کشت پاییزه استان گلستان نشان داد که کینوا در مرحله ۸ تا ۱۲ برگی قادر است دمای ۵°C - را تحمل نموده و گیاه بعد از خسارت سرما توانایی بازیافت دارد (Salehi and Pourdad, 2019). بایوس و همکاران (Bios et al., 2006) بیان کردند که کینوا در مرحله دوبرگی دمای ۸ °C- را به مدت ۴-۲ ساعت تحمل می‌کند و حساس‌ترین مرحله رشدی کینوا به سرما مرحله گل‌دهی و غنچه‌دهی است. بایوس و همکاران (Bios et al., 2006) بیان کردند که تنش یخزدگی در دمای ۶ °C- در مرحله گل‌دهی موجب از بین رفتن کامل گیاه می‌شود .

درجه روزرشد (GDD) موردنیاز کینوا در تاریخ‌های کاشت مختلف بین ۲۶۶۳ تا ۱۸۹۳ بود. درجه روزرشد موردنیاز دوره سبز شدن بین ۸۳ تا ۱۵۰ درجه روزرشد و در مرحله غنچه‌دهی بین ۴۷۷ تا ۶۵۶، مرحله گرده‌افشانی ۳۴۸ تا ۸۹۰ و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۱۴۳ تا ۱۱۲۱ بود (جدول ۴). درجه روزرشد موردنیاز برای سبز شدن کینوا در مزرعه ۵۰-۲۵ درجه روز بود. جکبسون و بچ (Jacobsen and Bech, 1998) درجه روزرشد موردنیاز را ۳۰ درجه روز گزارش کردند. به ترتیب اختلاف GDD بین تاریخ‌های کاشت برای مرحله سبز، غنچه‌دهی، گرده‌افشانی و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب ۶۷، ۱۸۲، ۵۴۲، ۹۷۸ درجه روز بود (جدول ۴).

بررسی رابطه بین طول روز و GDD نشان داد که طول هر مرحله رشدی علاوه بر GDD به فتوپریود نیز بستگی دارد. در مرحله سبز شدن رابطه‌ای بین طول روز و GDD وجود نداشت و دما بر طول زمان کاشت تا سبز شدن تأثیر داشت و به ازای کاهش هر ۱۰ درجه کاهش دما یک روز سبز شدن با تأخیر بود. رابطه بین GDD و فتوپریود در مرحله غنچه‌دهی نشان داد که فتوپریود تأثیری بر نیاز گرمایی گیاه در این مرحله نداشت (شکل ۱). بررسی رابطه بین طول روز و GDD در مرحله گرده‌افشانی نشان داد به ازای افزایش هر ساعت، ۱۲۷ درجه روز GDD بیشتری موردنیاز است و کمترین GDD موردنیاز در فتوپریود ۱۲ ساعت مشاهده شد (شکل ۱). میزان تأخیر در نمو، به ازای هر واحد افزایش در فتوپریود (نسبت به فتوپریود پایه)، میزان حساسیت به فتوپریود را نشان می‌دهد. طول دوره سبز شدن تا گل‌دهی در طول روز مناسب که به آن درجه روز پایه می‌گویند و در درجه روز سقف حداکثر تأخیر در نمو مشاهده می‌شود و میزان تأخیر در نمو بیشتر از طول روز پایه به ازای هر واحد افزایش در فتوپریود میزان حساسیت به فتوپریود را نشان می‌دهد. میزان حساسیت در این رقم در مرحله گرده‌افشانی ۱۲۷ و در مرحله پر شدن دانه ۱۹۸ درجه روز به ازای هر ساعت افزایش طول روز بود؛ بنابراین میزان حساسیت این ژنوتیپ در مرحله پر شدن دانه به طول روز بیشتر از سایر مراحل رشدی است. برترو (Bertero, 2003) بیان کرد که حساسیت به طول روز در مرحله پر شدن دانه مانع نمو جنین در طول روزهای بلند می‌شود و همچنین آزمایش در شرایط کنترل‌شده نشان داد که دمای بالای ۲۸ °C و طول روزهای بلند (۱۶ ساعت) مانع پر شدن دانه می‌شود. در این آزمایش کمترین GDD موردنیاز برای پر شدن دانه در طول روز ۱۱/۵ و ۱۲ ساعت مشاهده شد و بیشترین درجه روزرشد تا رسیدگی فیزیولوژیک در طول روز ۱۵ ساعت مشاهده گردید (شکل ۳). با افزایش ۳ ساعت در طول فتوپریود، GDD موردنیاز مرحله پر شدن دانه و گل‌دهی به ترتیب ۲ و ۴ برابر افزایش یافت. افزایش طول روز، طول دوره رشد رویشی را طولانی کرد ولی در همه طول روزها گیاه وارد فاز گل‌دهی شد. برترو (Bertero, 2003) بیان کرده است گیاهانی که دارای واکنش کمی به فتوپریود هستند درجه روزرشد موردنیاز آن‌ها تحت تأثیر طول روز قرار می‌گیرد. در این آزمایش ۲/۵ ساعت افزایش فتوپریود طول دوره رویشی را ۱۹ روز افزایش داد (جدول ۲ و شکل ۴) و به دلیل طولانی‌تر شدن دوره رشد رویشی در طول روزبلندتر در تاریخ کاشت ۵ اسفند، گیاه زیست‌توده بیشتری را تولید کرد. ظهور دو برگ متوالی در ساقه اصلی نیز تحت تأثیر فتوپریود قرار می‌گیرد البته بین ژنوتیپ‌های مختلف تنوع زیادی وجود دارد و حداقل درجه روزرشد موردنیاز برای ظهور دو برگ متوالی ۱۶ تا ۲۲ درجه روزرشد گزارش شده و میزان حساسیت به فتوپریود تا ۱/۲ درجه روزرشد در ساعت بیان شده است (Bertero, 2003).

www.SID.ir

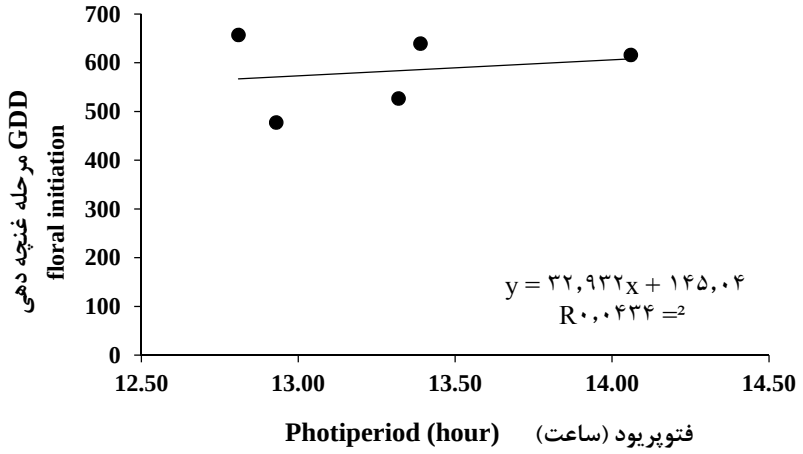
Archive of SID

بررسی مراحل مختلف رشدی نشان داد که بذر کینوا برای سبز شدن به دمای بالا حساس نیست. میانگین دما در طول دوره سبز شدن در این آزمایش °C ۱۵/۹۵ – ۳۲/۵ بود و همچنین در طول دوره سبز تا تشکیل غنچه، بالاترین و پایین‌ترین دما در تاریخ کاشت شهریور و ۵ اسفند به ترتیب دمای °C ۲۴/۹ و ۱۶/۹ مشاهده شد و طول این مرحله نیز بین تاریخ‌های کاشت مختلف ۹ روز تفاوت داشت (شکل ۵). جکبسون و بچ (Jacobsen and Bech, 1998) گزارش کردند که دمای حداقل، بهینه و حداکثر، برای جوانه‌زنی کینوا °C ۳، ۳۵-۳۰ و ۵۰ است. بایوس و همکاران (Bios et al., 2006) دماهای بین ۲ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد را بر جوانه‌زنی ۱۰ ژنوتیپ کینوا بررسی کرده و بیان کردند که افزایش دما موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذور کینوا می‌شود. جکبسون و همکاران (Jacobsen et al., 2003) گزارش کردند که بهترین تاریخ کاشت کینوا زمانی است که درجه حرارت محیط به °C ۱۰-۸ است .

جدول ۲. GDD موردنیاز در مراحل مختلف رشدی در تاریخ‌های کاشت کینوا

Table 4. GDD requirement at different growth stage and sowing date of quinoa

		Phenologic stage			مراحل فنولوژیک		
Sowing date	تاریخ کاشت	سبز شدن Emergence	غنچه دهی Flora initiation	گل‌دهی flowering	تغییر رنگ Color change	برداشت Harvesting	درجه روز-رشد GDD
22 Aug	اول شهریور	135	639.0	523.0	201.9	394.4	1893
6 Sep	۱۵ شهریور	147.8	656.9	348.1	143.0	369.5	1669
26 Sep	۴ مهر	128.3	-	-	-	-	-
7 Oct	۱۵ مهر	150.4	-	-	-	-	-
24 Oct	۱ آبان	142.7	-	-	-	-	-
24 Feb	۵ اسفند	83.0	477.3	653.3	893.6	513.8	2620
7 March	۱۷ اسفند	83.6	526.5	402.8	1121.5	529.6	2663
30 March	۱۱ فروردین	87.3	615.8	890.5	524.5	383.6	2501

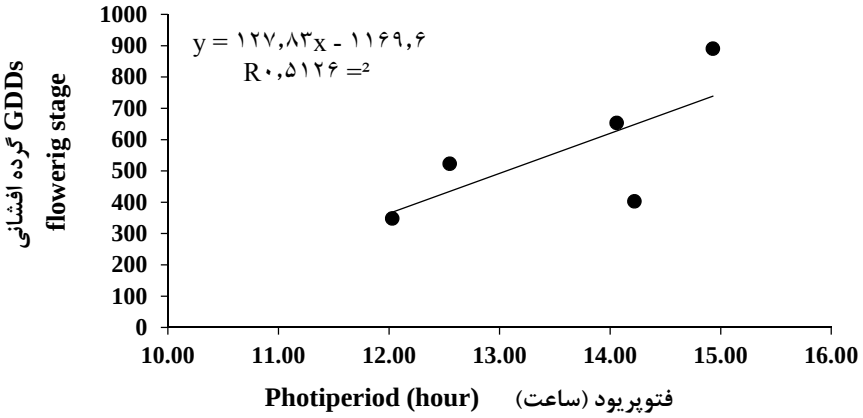


شکل ۱. رابطه بین GDD و فتوپریود (ساعت) در مرحله غنچه دهی کینوا

Fig. 1. Relationship between GDD and photoperiod (hours) during floral initiation stage of quinoa

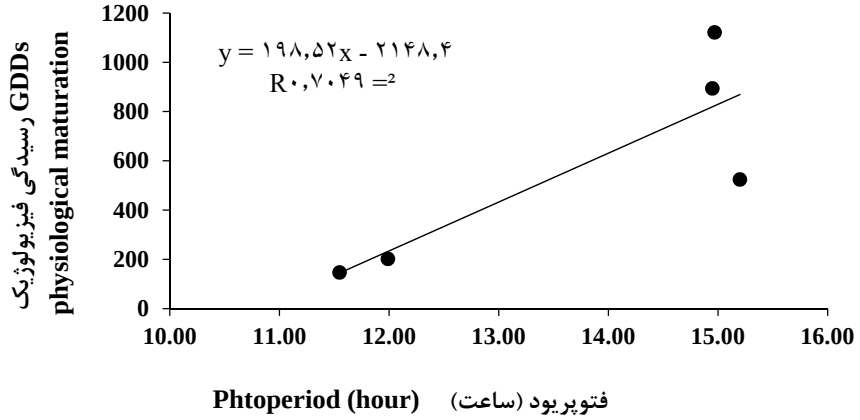
www.SID.ir

Archive of SID



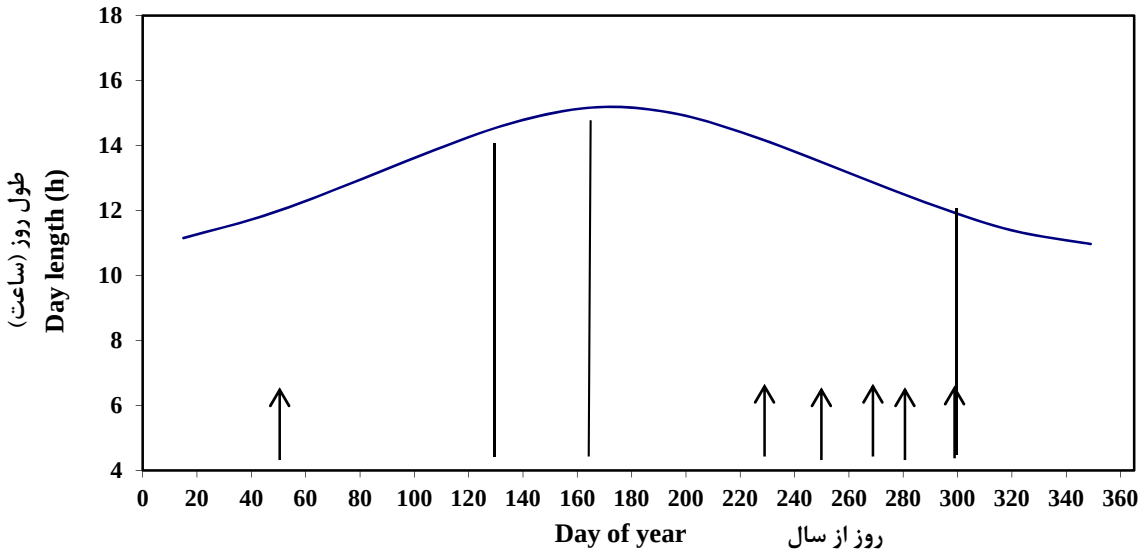
شکل ۲. رابطه بین GDD و فتوپریود (ساعت) در مرحله گرده‌افشانی کینوا

Fig. 2. Relationship between GDD and photoperiod (hour) during flowering stage of quinoa



شکل ۱. رابطه بین GDD و فتوپریود در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (تغییر رنگ) کینوا

Fig. 3. Relationship between GDD and photoperiod in physiological maturation (color change) of quinoa



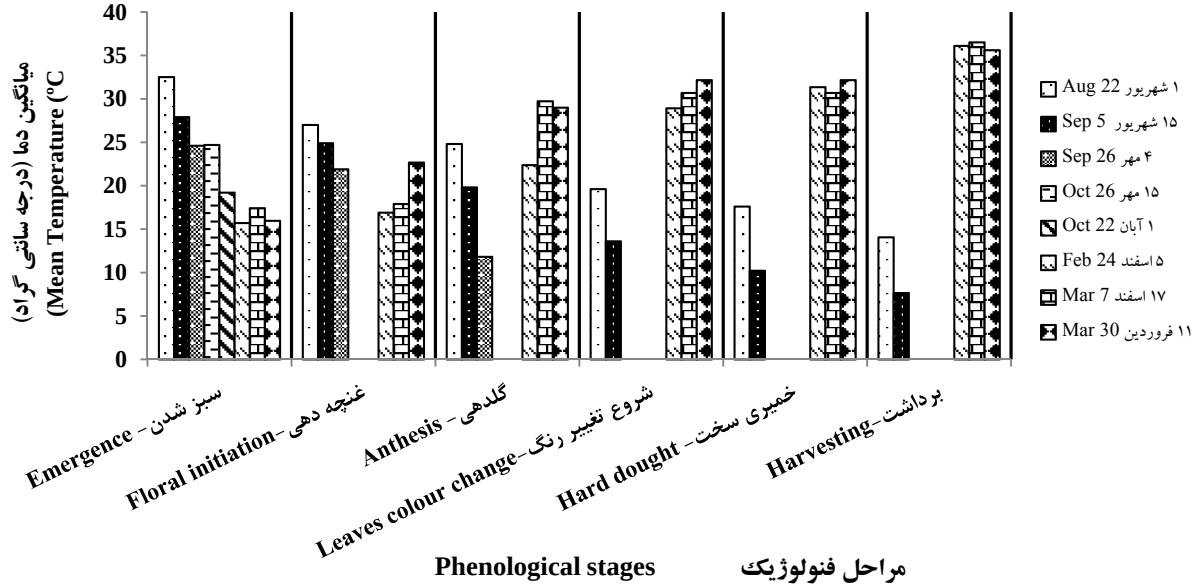
شکل ۲. طول روز در زمان رسیدگی کینوا در تاریخ‌های کاشت مختلف. خطوط بلند و کوتاه به ترتیب نشان‌دهنده زمان رسیدگی و زمان کاشت است (تاریخ میلادی).

Fig. 4. Day length effect on flowering time of quinoa at different sowing date. Short and long vertical lines showed sowing date and flowering time, respectively

www.SID.ir

Archive of SID

بالاترین دما در زمان طویل شدن ساقه (از غنچه‌دهی تا گل‌دهی) در تاریخ کاشت ۱۷ اسفند با دمای ۲۹/۷ °C درجه بود. حداکثر ارتفاع گیاه در این تاریخ کاشت ۸۵ سانتی‌متر بود. در تاریخ کاشت ۵ اسفند و اول شهریور میانگین دما در طول این دوره ۳۲-۲۵ °C بود و ارتفاع گیاه ۹۱-۸۹ سانتی-متر بود. هریچ و همکاران (Hirich et al., 2014) دمای ۲۴، ۲۹ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط گلخانه در ۵ ژنوتیپ کینوا بررسی و بیان کردند که افزایش دما موجب کاهش ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و اندازه پانیکول می‌شود. در طول دوره پر شدن دانه بالاترین و پایین‌ترین دما در تاریخ کاشت ۱۱ فروردین و ۱۵ شهریور مشاهده شد (شکل ۵). میانگین دما در طول دوره پر شدن دانه در تاریخ‌های کاشت اول شهریور، ۱۵ شهریور، ۵ اسفند، ۱۷ اسفند و ۱۱ فروردین به ترتیب ۱۹/۶، ۱۳/۶، ۲۸/۹۱، ۳۰/۶۹ و ۳۲/۱۵ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۵).



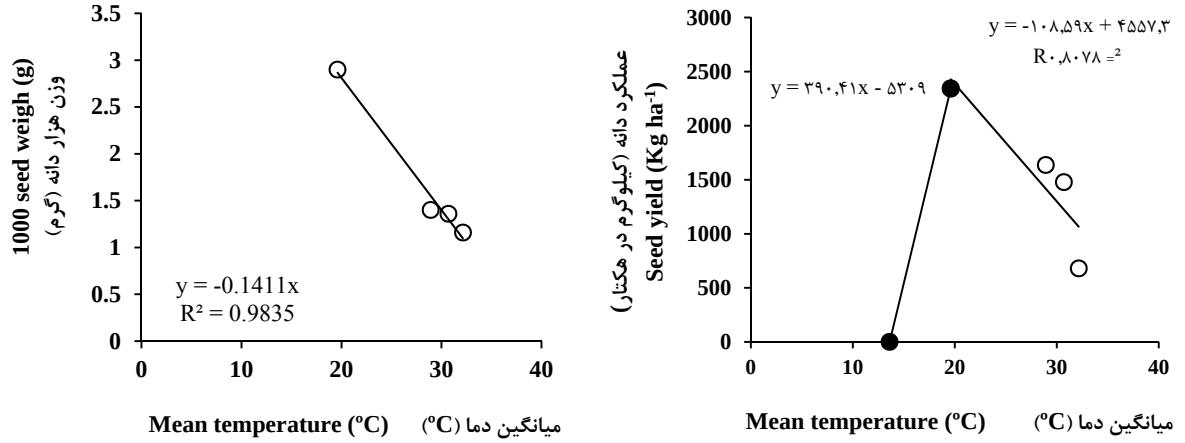
شکل ۳. میانگین دما (درجه سانتی‌گراد) در طول مراحل فنولوژیک رشد گیاه کینوا در شرایط شور در تاریخ‌های کشت مختلف (برخی تاریخ‌های کاشت به دلیل یخ‌زدگی از بین رفتند)

Fig. 5. Average temperature (°C) during the phonological stages of Quinoa growth in saline conditions in different swing date (Some of the sowing date were lost because of freezing damage)

در تاریخ کاشت ۱۱ فروردین میانگین درجه حرارت طی دوره پر شدن دانه ۳۲/۱۵ °C بود که نسبت به تاریخ کاشت ۵ اسفند ۵۸ درصد کاهش عملکرد دانه نشان داد. افزایش یک درجه میانگین دما در دوره پر شدن دانه موجب کاهش عملکرد به میزان ۱۰۸ کیلوگرم در هکتار شد (شکل ۶a). وزن هزار دانه نیز به‌شدت تحت تأثیر دما قرار گرفت و افزایش ۱۰ درجه‌ای میانگین دما در طول دوره پر شدن دانه، ۱/۴ گرم کاهش یافت (شکل ۶b). در تاریخ کاشت ۱۵ شهریور به دلیل دمای پایین در دوره پر شدن دانه (۱۳/۶ °C) عملکرد به‌شدت کاهش یافت. برترو و همکاران (Bertero et al., 1999) گزارش کردند که تغییرات فتوپریود بعد از گل‌دهی رشد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و میزان حساسیت به فتوپریود بستگی به درجه حرارت محیط دارد. به‌طورکلی گیاه کینوا طی دوره پر شدن دانه به دمای بالا (بالای ۲۰ °C) و یا پایین حساس بود. در دمای بالا بنیه گرده و تعداد گل‌ها کاهش می‌یابد (Morrison and Stewart, 2002) و بیشتر ژنوتیپ-های کینوا در دمای بالای ۳۵ °C بذر تولید نمی‌کنند (Hirich et al., 2014).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. تأثیر میانگین دما (°C) در طول دوره پر شدن دانه بر عملکرد دانه (a) و وزن هزار دانه کینوا (b)

Fig. 6. Effect of mean temperature (°C) during grain filling period on quinoa grain yield (a) and 1000 kernel weight (b)

نتیجه‌گیری کلی

کینوا (ژنوتیپ NSRCQ1) روزکوتاه کمی بوده و طول روزهای طولانی‌تر از ۱۲ ساعت، زمان تا گل‌دهی را طولانی می‌کند. در این آزمایش طول روزبلند هم‌زمان با دمای بالا اتفاق افتاده است و بررسی رابطه GDD و فتوپریود نیز نشان داده است که دوره پر شدن دانه حساس‌ترین مرحله نسبت به فتوپریود است، بنابراین فتوپریود طولانی و درجه حرارت بالا هر دو مانع از پر شدن دانه در تاریخ‌های کاشت مورد بررسی است. صالحی و همکاران (Salehi et al., 2016) تاریخ کاشت ۱۶ مرداد را نیز بررسی نموده و گزارش کردند که با تغییر تاریخ کاشت از ۱۶ مرداد به اول شهریور، در روند تجمع ماده خشک و ارتفاع گیاه تحت تغییری ایجاد نشد و گیاه در تاریخ کاشت اول شهریور در مدت‌زمان کوتاه‌تری، حداکثر ماده خشک را تولید نمود. باوجود اینکه در تاریخ کاشت مرداد ماه نسبت به تاریخ کاشت اول شهریور، یک نوبت آبیاری بیشتر انجام شد، مقدار عملکرد گیاه تغییری نداشت. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌هایی با ویژگی‌های موردبررسی این مطالعه، برای کاشت در محدوده‌ی فلات مرکزی مناسب می‌باشند. در میان تاریخ‌های کاشت بررسی‌شده، کشت اول شهریور به دلیل طول دوره رشد کوتاه‌تر و عملکرد دانه بالاتر برای استان یزد انتخاب شد. با توجه به اطلاعات این گزارش و داده‌های هواشناسی تاریخ کاشت مناسب این ژنوتیپ در فلات مرکزی و سایر نقاط کشور قابل پیش‌بینی است.

منابع

Bazile, D., Fuentes, F., Mujica, A., 2013. Historical perspectives and domestication of quinoa. In: Bhargava, A., Srivastava, S. (eds.), Quinoa: Botany, Production and Uses. CABI Publisher, Wallingford, UK. pp. 16-35.

Bertero, H., King, R., Hall, A., 1999. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research. 60, 231-243.

Bertero, H., 2003. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International. 19, 87-97.

Bois, J.F., Winkel, T., Lhomme, J.P., Raffaillac, J.P., Rocheteau, A., 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. European Journal of Agronomy. 25, 299-308.

Brakez, M., Brik, K.E., Daoud, S., Harrouni, M.C., 2013. Performance of *Chenopodium quinoa* under salt stress. In: Shahid S., Abdelfattah M., Taha F., (eds.), Developments in Soil Salinity Assessment and Reclamation. Springer, Dordrech. pp. 463-478.

Garcia, M., Condori, B., Castillo, C.D., 2015. Agroecological and Agronomic Cultural Practices of Quinoa in South America. In: Murphy, K., Matanguihan J. (eds.), Quinoa: Improvement and Sustainable Production. John Wiley & Sons, Inc. pp. 25-46.

www.SID.ir

Archive of SID

Ghaffari, A., Ghasemi, V.R., De Pauw, E., 2014. Agro-climatically zoning of Iran by UNESCO approach. Iranian Dryland Agronomy Journal, 4, 63-95. [In Persian with English summary].

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, 185-193.

Hirich, A., Choukr-Allah, R., Jacobsen, S.E., 2014. Quinoa in Morocco–Effect of sowing dates on development and yield. Journal of Agronomy and Crop Science. 200, 371-377.

Jacobsen, S. E., Mujica, A., Jensen, C., 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Reviews International. 19, 99-109.

Jacobsen, S.-E., Monteros, C., Christiansen, J., Bravo, L., Corcuera, L., Mujica, A., 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) to frost at various phenological stages. European Journal of Agronomy. 22, 131-139.

Jacobsen, S., Bach, A., 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Seed Science and Technology. 26, 515-523.

James, L.E.A., 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. Advances in Food and Nutrition Research. 58, 1-31.

Kafi, M., Borzooei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., Nabati, J., 2012. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Daneshghahi of Mashhad Press.502p. [In Persian].

Koyro, H.W., Eisa, S., 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant and Soil. 302, 79-90.

Lavini, A., Pulvento, C., d'Andria, R., Riccardi, M., Choukr-Allah, R., Belhabib, O., İncekaya, Ç., Metin Sezen, S., Qadir, M., Jacobsen, S.E., 2014. Quinoa's potential in the Mediterranean region. Journal of Agronomy and Crop Science. 200, 344-360.

Morrison, M.J., Stewart, D.W., 2002. Heat stress during flowering in summer Brassica. Crop Science. 42, 797-803.

Nina Laura, J., Del Castillo, C., Winkel, T., 2004. Comportamiento de quinuas tradicional y mejorada frente al estrés térmico. Paper presented at the CD-Rom: XI Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Cochabamba, Bolivia. Fundación PROINPA. CD-Rom: PDF file no. P-6.

Nowak, V., Du, J., Charrondière, U.R., 2015. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Chemistry. 193, 47-54.

Panta, S., Flowers, T., Lane, P., Doyle, R., Haros, G., Shabala, S., 2014. Halophyte agriculture: Success stories. Environmental and Experimental Botany. 107, 71-83.

Razzaghi, F., 2011. Acclimatization and agronomic performance of Quinoa exposed to salinity, drought and soil related abiotic stress. Ph.D thesis, Denmark.

Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Jensen, C.R., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., 2011. The salt tolerance of quinoa measured under field conditions. International Congress on Irrigation and Drainage, 15-23 October, Tehran, Iran.

Rosa, M., Hilal, M., González, J. A., Prado, F.E., 2004. Changes in soluble carbohydrates and related enzymes induced by low temperature during early developmental stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings. Journal of Plant Physiology. 161, 683-689.

Salehi, M., Soltani, V., Dehghany, F., 2016. Potential of quinoa production in Central Plateau of Iran. Regional Conference of Marginal Area of Iran Central Desert, 23 Jan. Qom- Iran. [In Persian].

Salehi, M. Pourdad, S.S., 2019, Preliminary evaluation of seed yield and some agronomic traits of quinoa genotypes under rainfed condition. AREEO. Final Report. In press. [In Persian].

Shahrestani, H., 2013. Organization and management optimize water use in agriculture. Journal of Agriculture and Natural Resources Engineering. 12, 37-41. [In Persian with English summary].

Shiati, K., 1998. Brackish water as a source of irrigation: behavior and management of salt-affected reservoirs (Iran). 10th Afro-Asian Conference, Bali, Indonesia, pp. 72-82.

Soltani, A., Robertson, M., Mohammad-Nejad, Y., Rahemi-Karizaki, A., 2006. Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. Field Crops Research, 99, 14.

www.SID.ir