نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.14401.2291
۱۰۷-۱۲۲

اثر پرایمینگ دمایی بر خصوصیات جوانه‌زنی، زراعی و روغن دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)

فریدون برازنده[۱]، *محمدرضا سبزعلیان[۲]، مهدی رحیم‌ملک[۲] و ثریا کرمی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران،
[۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران،
[۳]استادیار گروه علوم کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۰۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) یکی از گیاهان دانه روغنی مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که مرحله جوانه‌زنی و غوزه‌دهی از حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه گلرنگ محسوب می‌شود. بنابراین هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی تأثیر پرایمینگ دمایی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر گلرنگ در آزمایشگاه و سپس ارزیابی تأثیر این نوع پرایمینگ بر برخی صفات زراعی، عملکرد و درصد روغن دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در مزرعه بود.

مواد و روش‌ها: در مرحله اول و در شرایط آزمایشگاه، اثر پرایمینگ دما شامل اعمال دماهای ٤٠، ٦٠ و ٨٠ درجه سانتی‌گراد در ۳ زمان شامل ٦، ۱۰ و ۲۰ ساعت در قالب آزمایش فاکتوریل بر بذر ژنوتیپ‌های گلرنگ شامل ۱۰ ژنوتیپ اعمال شد و صفات درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر اندازه‌گیری شد. در ادامه بر اساس نتایج مرحله اول، آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط مزرعه اجرا شد. تیمارهای آزمایش مزرعه‌ای شامل کشت بذر ژنوتیپ‌های گلرنگ پرایم‌شده در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد (به همراه بذر پرایم‌نشده به عنوان شاهد) در دو زمان ٦ و ۱۰ ساعت بود و در طی و پایان آزمایش، روز تا ۵۰ درصد سبز شدن، روز تا رسیدگی کامل، تعداد غوزه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه در بوته و درصد روغن دانه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج مرحله اول نشان داد که تیمار پیش از کشت بذر با ترموپرایمینگ تأثیر معنی‌داری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی داشت. بیش‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در سطوح دمایی ٤٠ و ٦٠ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان کوتاه پرایمینگ (٦ و ۱۰ ساعت) به‌دست آمد. در شرایط مزرعه مطابق با نتایج حاصل از مرحله اول، پیش‌تیمار بذر با دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش روز تا ۵۰ درصد سبزشدن بذر ژنوتیپ‌های پرایم‌شده در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد شد. از سوی دیگر پرایمینگ دمایی منجر به افزایش روز تا رسیدگی کامل، عملکرد دانه در بوته و درصد روغن گردید؛ اما تعداد دانه در غوزه تحت‌تأثیر پرایمینگ دمایی قرار نگرفت.

* مسئول مکاتبه: sabzalian@cc.iut.ac.ir

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج بیانگر آن است که پیش‌تیمار بذر با پرایمینگ دمایی (دماهای متوسط) منجر به ظهور و استقرار سریع‌تر گیاهچه‌های گلرنگ در آزمایشگاه و مزرعه گردید. همچنین نتایج نشان داد که پیش‌تیمار دمایی بذر گلرنگ در ٦٠ درجه سانتی‌گراد نه تنها بر عملکرد دانه و درصد روغن تأثیر منفی نداشته بلکه منجر به افزایش معنی‌دار صفات ذکر شده ژنوتیپ‌های پرایم‌شده در مقایسه با ژنوتیپ‌های پرایم‌نشده گردید. نکته قابل‌توجه این است که به احتمال زیاد کشت بهاره بذر پرایم شده گلرنگ در مقایسه با بذر پرایم‌نشده می‌تواند به بهبود و افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن منجر گردد.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، دما، سرعت جوانه‌زنی، صفات فنولوژیک، عملکرد

مقدمه

گلرنگ زراعی (*Carthamus tinctorius*) از دیرباز به‌منظور رنگ کردن البسه با استفاده از رنگ استخراج‌شده از گل‌های گلرنگ کشت می‌شد (۲۳). در حال حاضر هدف اصلی از زراعت این گیاه، به‌دلیل غنی‌بودن دانه‌های گلرنگ از اسیدهای چرب غیراشباع با مصارف خوراکی و همچنین کاربردهای دارویی و درمانی در جهان (٤)، تولید دانه می‌باشد.

در حال حاضر گلرنگ با سطح زیر کشت ۹۳٦/۸۷۵ هکتار و ۷۳۳/۸۵۲ تن عملکرد دانه در بیش از ٦٠ کشور جهان کشت می‌شود (۱۵) و ایران نیز با سطح زیر کشت ۷۸۱ هکتار گلرنگ و تولید ٥٢٤ تن عملکرد دانه در رتبه سیزدهم جهانی قرار دارد (۱۵). با این وجود اخیراً به گلرنگ به‌عنوان یک گیاه راهبردی از نظر اقتصادی کم‌تر توجه می‌شود و تولید جهانی آن در مقایسه با سایر گیاهان دانه روغنی کاهش یافته است (٤۳).

یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه‌ای گلرنگ به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مواجه شدن گیاه با تنش خشکی می‌باشد (٤٠). در مطالعه اثر تنش خشکی روی مراحل مختلف رشدی گلرنگ، مشخص شد تنش آبی در مرحله غوزه‌دهی به‌طور جدی عملکرد دانه گلرنگ را کاهش می‌دهد و تنش آبی در مرحله گلدهی و پرشدن دانه بیش‌ترین تأثیر را در کاهش وزن دانه دارد (۷). کشت زودهنگام یک راه‌حل پیشنهادی جهت کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی است (٦). با این وجود در کشت زودهنگام ممکن است دمای پایه برای جوانه‌زنی مناسب بذر فراهم نگردد؛ بنابراین استفاده از روش‌هایی که منجر به کاهش دمای پایه و جوانه‌زنی سریع بذر در اوایل فصل رشد و استقرار بهتر گیاه شوند، می‌تواند منجر به مقاومت به شرایط نامساعد محیطی گردد. همچنین سبزشدن و استقرار گیاهچه در تعیین تراکم نهایی و عملکرد گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای اهمیت است (۵). پرایمینگ به‌عنوان یک فناوری جهت افزایش سرعت و یکنواختی سبز کردن، بنیه بالا و بهبود عملکرد در گونه‌های زراعی معرفی شده است (۱۹).

پرایمینگ بذر روشی است که به واسطه آن بذر پیش از قرار گرفتن در بستر خاک و مواجه شدن با شرایط بوم‌شناختی محیط به لحاظ فیزیولوژیکی و زیست- شیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند (۱۲). گزارش‌های مختلفی مبنی بر افزایش سرعت، یکنواختی و کاهش دمای پایه جوانه‌زنی (۱۷، ۳۱ و ٤۱) با استفاده از روش پرایمینگ دمایی وجود دارد. برای مثال فوتی و همکاران (۲۰۰۲) در خصوص تأثیر پرایمینگ بر دمای پایه جوانه‌زنی بذر گزارش دادند که دمای پایه برای جوانه‌زنی بذر سورگوم ١٦-١٢ درجه سانتی‌گراد می‌باشد در حالی‌که با اعمال پرایمینگ، حداکثر درصد جوانه‌زنی بذر در دمای پایه ١٠-٨ درجه سانتی‌گراد رخ داد (۱۷).

رایج‌ترین روش‌های پرایمینگ شامل اسمو پرایمینگ (خیساندن بذر در محلول‌های اسمزی) (۳۹)، هالو پرایمینگ (خیساندن بذر در محلول‌های نمکی) (٤٤)، هورمون پرایمینگ (کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد) (۱) و ترمو پرایمینگ (پیش‌تیمار بذر خشک در دماهای مختلف) (۳۲) می‌باشد. ترمو پرایمینگ یا پرایمینگ دمایی در مقایسه با سایر روش‌های پرایمینگ از تکنیک اجرایی ساده‌تری برخوردار است. در این روش بذرهای خشک که محتوی رطوبتی پایینی دارند بر حسب نوع گیاه و هدف اعمال تیمار، در دماهای مختلفی مورد پرایمینگ دمایی قرار می‌گیرند (۹ و ۱۰).

علی‌رغم گزارش‌های موجود مبنی بر اثرات سودمند پرایمینگ بذر از جمله هورمون پرایمینگ (٦)، هیدرو پرایمینگ (۲۵) و اسموپرایمینگ (۲۷) بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و در مواردی معدود بر عملکرد دانه در گلرنگ، اطلاعاتی در خصوص تأثیر پرایمینگ دمایی بر خصوصیات جوانه‌زنی، عملکرد، اجزاء عملکرد و روغن گلرنگ گزارش نشده است. بنابراین هدف از انجام این مطالعه در مرحله اول تأثیر پرایمینگ دمایی بر خصوصیات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ در آزمایشگاه و در مرحله دوم ارزیابی تأثیر این نوع پرایمینگ بر برخی صفات زراعی و درصد روغن دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط آبیاری منظم بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی پرایمینگ دمایی بر خصوصیات جوانه‌زنی، زراعی و درصد روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ، آزمایشی در شرایط آزمایشگاه و مزرعه در سال زراعی ۱۳۹۳ اجرا گردید. آزمایش در شرایط آزمایشگاهی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و تیمارهای دما (٤۰، ٦۰ و ۸۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان (٦، ۱۰ و ۲۰ ساعت) و بذرهای پرایمینگ‌شده و بدون پرایمینگ (شاهد) از ده ژنوتیپ گلرنگ زراعی شامل ٦ ژنوتیپ از اصفهان (C4110، C148، C121، C116، C111 و Kooseh)، ۲ ژنوتیپ از اراک (Arak2811 و M420)، ۱ ژنوتیپ از کردستان (K21) و ۱ ژنوتیپ از کانادا (AC-Stirling) انجام شد. بذر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از بذر برداشت شده سال زراعی ۱۳۹۲ از بانک ژن گروه به‌نژادی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردید.

ابتدا به‌منظور جلوگیری از آلودگی، پتری‌ها با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد ضدعفونی‌شده و با آب مقطر شستشو داده شدند و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت در آون قرار گرفتند. پیش از شروع آزمایش، بذرها نیز در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به‌مدت ٦۰ ثانیه خیسانده شده و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند.

برای تیمار پرایمینگ از روش ترموپرایمینگ پیشنهاد شده توسط مک‌دونالد (۱۹۹۹) استفاده شد (۳۲). بدین‌منظور، بذرهای خشک ده ژنوتیپ گلرنگ زراعی با در نظر گرفتن ترکیب تیماری اعمال شده (سه سطح دمایی و سه سطح زمانی) در انکوباتور با قابلیت تنظیم دما قرار داده شدند. پس از اعمال پرایمینگ، ۲۰۰ بذر در پتری با دو لایه کاغذ صافی (به‌صورت بین کاغذی) قرار داده شد و پتری‌ها به ژرمیناتور با دمای ۲±۲۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی منتقل شدند. بازدید از بذرها روزی دو بار به‌مدت ١٤ روز به‌منظور اندازه‌گیری درصد و سرعت جوانه‌زنی انجام گرفت. معیار بذر جوانه زده، خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیش‌تر بود (۲۷). برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی طبق معادله الیس و روبرتس (۱۹۸۱) از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد (۱۳).

(۱) تعداد کل بذر/ (۱۰۰ × تعداد بذر جوانه‌زده تا روز Σ (i = درصد جوانه‌زنی

(۲) (Σ(i/ تعداد بذر جوانه‌زده تا روز i) = سرعت جوانه‌زنی بر حسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز

i: تعداد روزهای مورد نظر پس از شروع آزمایش.

پژوهش در شرایط مزرعه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. بر اساس نتایج آزمایش جوانه‌زنی در آزمایشگاه، آزمایش با پرایمینگ دمایی ٦٠ درجه سانتی‌گراد در دو سطح زمانی ٦ و ١٠ ساعت بر روی چهار ژنوتیپ منتخب (AC-Stirling، C111، C4110 و K21) و چهار ژنوتیپ شاهد (بدون پرایمینگ) در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد، اجرا شد. مختصات جغرافیایی محل مورد آزمون ٣٢ درجه و ٣٢ دقیقه عرض شمالی، ٥١ درجه و ٣٢ دقیقه طول شرقی و ارتفاع از سطح دریا ١٦٣٠ متر می‌باشد. کشت در اواخر اسفندماه (کشت بهاره) به‌صورت دستی انجام شد و آبیاری به‌صورت سطحی و بسته به نیاز گیاه صورت گرفت. فاصله بین ردیف‌ها ٣٠ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ٧ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با انتخاب ١٠ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت، صفات فنولوژیک (روز تا ٥٠ درصد سبزشدن، زمانی‌که لپه‌ها در ٥٠ درصد از نقطه‌های کاشت خارج شوند و روز تا رسیدگی کامل، زمانی‌که ٩٠ درصد طبق‌ها متمایل به رنگ قهوه‌ای شوند)، برخی از اجزاء عملکرد (تعداد غوزه در بوته و وزن هزاردانه (گرم) و عملکرد دانه در بوته (گرم) اندازه‌گیری شد.

برای تعیین درصد روغن دانه هر ژنوتیپ در هر ترکیب تیماری، بذر ١٠ بوته انتخابی از هر تکرار در دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤ ساعت در آون قرار داده شد و با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس ١٠ گرم بذر آسیاب شده هر ژنوتیپ با استفاده از دستگاه سوکسله و پترولیوم اتر به‌مدت ٦ ساعت طبق دستورالعمل AOCS (١٩٩٣) روغن‌گیری شد (٣) و درصد روغن محاسبه گردید.

تجزیه واریانس (ANOVA) داده‌ها با استفاده از رویه GLM و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار SAS انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر پرایمینگ دمایی بر شاخص‌های جوانه‌زنی ده ژنوتیپ گلرنگ (جدول ١) نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ تحت‌تأثیر پرایمینگ دمایی و مدت زمان اعمال پرایمینگ دمایی قرار گرفت (در سطح یک درصد). علاوه بر اثرات اصلی، درصد و سرعت جوانه‌زنی تحت‌تأثیر اثرات متقابل زمان × دما، دما × ژنوتیپ، زمان × ژنوتیپ و ژنوتیپ × دما × زمان قرار گرفت (جدول ١).

درصد جوانه‌زنی: مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی ده ژنوتیپ گلرنگ پرایمینگ‌شده در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد (بدون اعمال پرایمینگ) نشان داد که در دو سطح دمایی ٤٠ و ٦٠ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های پرایمینگ‌شده به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ژنوتیپ‌های شاهد بود (جدول ٢)؛ در حالی‌که در دمای ٨٠ درجه سانتی‌گراد در ژنوتیپ‌های پرایمینگ‌شده در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد افت در درصد جوانه‌زنی مشاهده گردید (جدول ٢). از سوی دیگر، مقایسه زمان‌های مورد استفاده برای اعمال پرایمینگ دمایی بذر گلرنگ نشان داد که با اعمال ٦ ساعت تیمار دمایی بر بذر گلرنگ، درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد افزایش نشان داد؛ در حالی‌که اعمال پرایمینگ دمایی به‌مدت ١٠ و ٢٠ ساعت منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی در بذر پرایمینگ‌شده در مقایسه با بذر ژنوتیپ‌های شاهد گردید (جدول ٢).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ دمایی بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانی‌زنی ژنوتیپ های گلرنگ.

Table 1. Analysis of variance for germination percentage and germination rate of safflower genotypes affected by thermo-priming.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square	
		درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
تیمار Treatment	99	2380. 6 **	2665.4 **
دما Temperature	2	47154.5 **	83841.8 **
زمان Time	2	17399.0 **	8974.1 **
ژنوتیپ Genotype	9	542.7 **	924.9 **
دما × زمان Temperature ×Time	4	17511.5 **	8184.4 **
دما × ژنوتیپ Temperature ×Genotype	18	526.8 **	342.0 **
زمان × ژنوتیپ Temperature ×Genotype	18	355.6 **	275.8 **
دما × زمان × ژنوتیپ Temperature ×Time× Genotype	36	357.1 **	398.1 **
شاهد Control	9	134.9 **	454.3 **
شاهد مقابل بقیه Control V.s Residual	1	183307.0 **	145681.1 **
خطای آزمایش Error	200	13.9	69.2
درصد ضریب تغییرات C.V %	-	1.59	3.69

ns، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * represent non significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

جدول ۲- میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ در سطوح دمایی و زمانی مختلف.

Table 2. The mean percentage of germination and germination rate of safflower genotypes in different levels of temperature and time.

زمان Time	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed/day)	دما Temperature	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed/day)
6	96.9 a	80.1 a	40	98.7 a	89.5 a
10	89.9c	71.5c	60	99. 9a	86.9 b
20	70.1d	60.2 d	80	59.2 c	35.4 d
شاهد Control	93.9b	77.2 b	شاهد Control	93.9 b	77.3c
LSD (0.05)	1.1	2.4	LSD (0.05)	1.1	2.4

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter in each column are not statistically significant at the 5% probability level.

جدول ۳- اثر متقابل دما × زمان بر درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ.

Table 3. Interaction of temperature × time on the percentage of germination in safflower genotypes.

دما- زمان Time–Temperature	ژنوتیپ Genotype									
	Kooseh	Arak2811	M420	K21	C4110	C128	C121	C116	C111	Ac- stirling
	درصد جوانه‌زنی Percentage of germination									
6-40	99.3 a	100.0 a	99.3 a	98.0 a	98.0 ab	99.3 a	100.0 a	99.3 a	98.6 ab	99.3 a
10-40	94.6 a	100.0 a	99.3 a	98.6 a	97.3 ab	96.3 b	98.6 a	99.3 a	95.0 b	98.0 a
20-40	98.0 a	99.3 a	99.3 a	100.0 a	99.3 ab	98.6 a	100.0 a	100.0 a	98.6 ab	98.0 a
6-60	98.0 a	99.3 a	100.0 a	100.0 a	98.0 ab	99.3 a	100.0 a	100.0 a	99.3 ab	98.0 a
10-60	98.0 a	100.0 a	99.3 a	98.0 a	100.0 a	100.0 a	99.3 a	99.3 a	99.3 ab	98.0 a
20-60	97.3 a	98.0 a	99.3 a	100.0 a	96.6 b	99.3 a	99.3 a	99.3 a	100.0 a	100.0 a
شاهد Control	96.0 a	98.6 a	99.3 a	84.6 b	88.0 c	100.0 a	100.0 a	100.0 a	85.3 c	87.3 b
LSD (0.05)	5.7	2.3	1.8	4.1	3.2	2.2	1.8	1.5	4.6	3.6

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter in each column are not statistically significant at the 5% probability level.

جدول ٤- اثر متقابل دما × زمان بر سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ.

Table 4. Interaction of temperature × time on germination rate of safflower genotypes.

دما- زمان Time–Temperature	ژنوتیپ Genotype									
	Kooseh	Arak2811	M420	K21	C4110	C128	C121	C116	C111	Ac- stirling
	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed/day)									
6-40	96.0 ^{a}	77.6 ^{a}	93.3 ^{ab}	86.5 ^{ab}	93.7 ^{a}	92.0 ^{ab}	82.6 ^{a}	82.3 ^{a}	96.0 ^{a}	93.2 ^{a}
10-40	90.7 ^{ab}	79.3 ^{a}	98.3 ^{a}	98.6 ^{a}	88.5 ^{a}	93.6 ^{ab}	76.7 ^{a}	86.6 ^{a}	77.2 ^{bc}	90.8 ^{ab}
20-40	82.6 ^{b}	82.3 ^{a}	96.0 ^{ab}	97.6 ^{a}	90.2 ^{a}	92.2 ^{ab}	88.3 ^{a}	96.1 ^{a}	96.0 ^{a}	89.2 ^{ab}
6-60	97.3 ^{a}	50.6 ^{b}	82.3 ^{b}	86.0 ^{ab}	94.5 ^{a}	94.5 ^{ab}	95.3 ^{a}	96.0 ^{a}	85.5 ^{ab}	90.3 ^{ab}
10-60	96.3 ^{a}	77.0 ^{a}	92.6 ^{ab}	91.5 ^{ab}	87.3 ^{a}	98.6 ^{a}	95.0 ^{a}	84.6 ^{a}	98.0 ^{a}	80.5 ^{b}
20-60	95.3 ^{a}	68.3 ^{a}	97.6 ^{ab}	78.3 ^{b}	68.0 ^{b}	65.3 ^{c}	85.2 ^{a}	88.0 ^{a}	95.0 ^{a}	93.0 ^{a}
شاهد Control	82.7 ^{b}	78.1 ^{a}	88.5 ^{ab}	52.8 ^{c}	71.2 ^{b}	87.3 ^{b}	87.6 ^{a}	89.6 ^{a}	69.3 ^{c}	68.1 ^{c}
LSD (0.05)	12.2	15.2	15.7	16.1	10.5	9.4	25.7	25.0	15.2	10.9

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter in each column are not statistically significant at the 5% probability level.

با توجه به نتایج حاصل از اثرات ساده پرایمینگ دمایی بر درصد جوانه‌زنی بذر گلرنگ، مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد در اثر متقابل دو سطح پرایمینگ دمایی (۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد) در سه سطح زمان اعمال پرایمینگ (۶، ۱۰ و ۲۰ ساعت) ارزیابی گردید. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های AC-Sterling، C111، C4110 و K21 در همه ترکیبات تیماری نسبت به میانگین ژنوتیپ‌های شاهد افزایش داشت و در سایر ژنوتیپ‌ها، در مقایسه با میانگین ژنوتیپ‌های شاهد با اعمال تیمار دمایی تغییری در درصد جوانه‌زنی مشاهده نگردید (جدول ۳).

سرعت جوانه‌زنی: مشابه نتایج به‌دست آمده در خصوص درصد جوانه‌زنی، در دو سطح دمایی ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد و ۶ ساعت اعمال پرایمینگ، سرعت جوانه‌زنی بذر پرایمینگ‌شده گلرنگ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ژنوتیپ‌های شاهد بود (جدول ۲). از سوی دیگر در دو سطح ۱۰ و ۲۰ ساعت اعمال تیمار دمایی، افت در سرعت جوانه‌زنی نسبت به حالت شاهد مشاهده شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ با ژنوتیپ‌های شاهد در دمای ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد در سه سطح زمان اعمال پرایمینگ نشان داد که بر خلاف نتایج حاصل از درصد جوانه‌زنی، اثرات متقابل شدیدتری بین دما، زمان و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها وجود داشت. هر چند که میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در اثر متقابل دما و زمان افزایش نشان داد اما بهترین ترکیب تیماری مربوط به اثر متقابل این دو عامل در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود (جدول ٤). در مجموع، ژنوتیپ‌های AC-Sterling، C111، C4110 و K21 نسبت به میانگین ژنوتیپ‌های شاهد در تمامی ترکیبات تیماری افزایش در سرعت جوانه‌زنی نشان دادند و در سایر ژنوتیپ‌ها با اعمال ترکیبات تیماری در مقایسه با ژنوتیپ شاهد در سرعت جوانه‌زنی یا تغییری مشاهده نگردید و یا سرعت جوانه‌زنی کاهش نشان داد (جدول ٤).

در بررسی تأثیر ترموپرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی، دما و زمان دو عامل مهم و اساسی می‌باشند؛ به‌طوری‌که بیش‌تر مطالعات نشان دادند که تنظیم این دو عامل می‌تواند به‌طور معنی‌داری درصد و سرعت جوانه‌زنی را تحت‌تأثیر قرار دهد (۲۱، ۳۳ و ۳۸). در مطالعه حاضر نیز به‌نظر می‌رسد که دماهای متوسط و نه خیلی بالا در مدت زمان کوتاه پرایمینگ بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ تأثیر مثبت داشته است؛ با این وجود در صورتی که بذر رطوبت کافی برای جوانه‌زنی و شروع فعالیت‌های حیاتی داشته باشد تأثیر دمای بالا بر جوانه‌زنی منفی خواهد بود. مطابق با نتایج مطالعه حاضر، مورک و همکاران (۲۰۰۵) موی و هنز (۲۰۰۰) و شرودیلو و همکاران (۲۰۰٦) به‌ترتیب با اعمال پیش‌تیمار دمایی روی بذر *Campanula carpatica*، *Floricultural research* و *Cucumis sativus* افزایش در درصد و سرعت جوانه‌زنی را گزارش دادند (۳٤، ۳٦ و ٤۲).

بر اساس مطالعات انجام‌شده پیش‌تیمار دمایی بذر با افزایش میزان جذب آب و رفع خواب احتمالی بذر منجر به افزایش درصد جوانه‌زنی می‌گردد (۱۱ و ۳۵) و تأثیر مثبت پرایمینگ دمایی بذر بر خصوصیات جوانه‌زنی در سایر گونه‌های گیاهی نیز به اثبات رسیده است (۱٦، ۲۹ و ۳۸) با این وجود بر اساس گزارش‌های موجود به‌نظر می‌رسد که درصد و سرعت جوانه‌زنی با دمای پرایمینگ رابطه خطی نداشته و پیش‌تیمار بذر با دمای بالا بر غشای سلولی و سنتز پروتئین تأثیر منفی نشان داده است (۳۲). همان‌طور که نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد پیش تیمار بذر در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد منجر به افت درصد و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ گردید که این امر به احتمال زیاد ناشی از آسیب دیدن غشای

سلول و سامانه تامین انرژی رشد گیاهچه در دمای مذکور بوده است به‌طوری‌که که گیاهچه‌ها پس از جوانه‌زنی قادر به ادامه رشد نبودند (۳۲).

همچنین نتایج نشان داد از نظر سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به دمای پرایمینگ عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان دادند و مطابق با نتایج مطالعه حاضر بوریرو و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش دادند که در برخی ژنوتیپ‌های گندم اعمال دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در برخی ژنوتیپ‌های اعمال دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد منجر به حداکثر میزان جوانه‌زنی گردید (۹). به‌نظر می‌رسد یکی از دلایل تأثیرگذار در این زمینه، تفاوت مقاومت غشای سلولی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به دماهای مختلف باشد (۲۰).

نتایج مزرعه‌ای: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌ها در حالت بدون پرایمینگ دمایی (شاهد) و تحت تیمار دمایی در تمامی صفات شامل روز تا ۵۰ درصد سبزشدن، روز تا رسیدگی، تعداد غوزه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه در بوته و درصد روغن دارای اختلاف معنی‌دار بودند. با این‌حال با اعمال پرایمینگ دمایی اثر متقابل زمان و ژنوتیپ بر صفات روز تا ۵۰ درصد سبز شدن، روز تا رسیدگی، وزن هزاردانه و درصد روغن معنی‌دار بود (جدول ۵).

روز تا ۵۰ درصد سبزشدن: با اعمال پرایمینگ دمایی ژنوتیپ‌ها از نظر روز تا ۵۰ درصد سبزشدن عکس‌العمل‌های متفاوتی نشان دادند (جدول ٦). برای مثال روز تا ۵۰ درصد سبزشدن در ژنوتیپ C4110 تحت‌تأثیر پرایمینگ دمایی قرار نگرفت در حالی‌که سه ژنوتیپ دیگر از نظر این صفت به پرایمینگ دمایی عکس‌العمل نشان دادند؛ به‌طوری‌که ژنوتیپ AC-Stilrling در هر دو زمان اعمال پرایمینگ (٦ و ۱۰ ساعت) و ژنوتیپ C111 و K21 به‌ترتیب با اعمال ۱۰ و ٦ ساعت پرایمینگ دمایی در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد کاهش در روز تا ۵۰ درصد سبزشدن را نشان دادند (جدول ٦).

روز تا رسیدگی: بر خلاف این‌که مدت زمان اعمال پرایمینگ دمایی بر صفت روز تا رسیدگی کامل اثر معنی‌داری نشان نداد، با این وجود اثر متقابل ژنوتیپ × زمان معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت نشان داد که تعداد روز تا رسیدگی در همه ژنوتیپ‌های تحت تیمار در مقایسه با ژنوتیپ شاهد حداقل در یکی از دو زمان اعمال تیمار پرایمینگ دمایی افزایش داشته است (جدول ٦).

تعداد غوزه در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌های شاهد از نظر تعداد غوزه در بوته تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۵)؛ با این وجود بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ٦) تنوع بالایی برای این صفت برای ژنوتیپ‌های شاهد مشاهده نگردید. از سوی دیگر با اعمال پرایمینگ دمایی در دو مدت زمان ٦ و ۱۰ ساعت به استثناء ژنوتیپ C111 تفاوت معنی‌داری در تعداد غوزه در بوته در بین ژنوتیپ‌های تحت تیمار پرایمینگ مشاهده نگردید (جدول ٦). به‌نظر می‌رسد که اعمال پرایمینگ دمایی بر این صفت تأثیرگذار نبوده است.

وزن هزاردانه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، وزن هزاردانه در ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت‌تأثیر پیش‌تیمار دمایی قرار گرفت؛ به‌طوری‌که اثر مدت زمان اعمال پرایمینگ، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × زمان نیز معنی‌دار بود (جدول ۵). از سوی دیگر نتایج مقایسه میانگین نشان داد که از نظر وزن هزاردانه واکنش ژنوتیپ‌های تحت پرایمینگ متفاوت بوده است (جدول ٦). به‌استثناء ژنوتیپ AC-Stirling و C4110 که به‌ترتیب افزایش (در هر دو زمان ٦ و ۱۰ ساعت اعمال پرایمینگ) و کاهش (٦ ساعت اعمال پرایمینگ دمایی) وزن هزاردانه را در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد نشان دادند، عکس‌العمل دیگر ژنوتیپ‌های به پرایمینگ در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد معنی‌دار نبود (جدول ٦).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر پرایمینگ دمایی بر خصوصیات زراعی، عملکرد و درصد روغن دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ.

Table 5. Analysis of variance for agronomic traits, yield and percentage of seed oil of safflower genotypes affected by thermo-priming.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square					
		روزتا ۵۰ درصد سبزشدن Days to 50% emergence	روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد غوزه در بوته Number of head per plant	وزن هزاردانه 1000-seed weight	عملکرد دانه در بوته Seed yield per plant	روغن دانه Seed oil
بلوک Block	2	0.36	1.88	2.16	1.94	0.30	0.07
تیمار Treatment	11	4.26**	20.28 **	13.79**	10.54**	10.28 **	15.77 **
زمان Time	1	0.01 ns	0.26 ns	6.61 ns	24.4 **	0.04 ns	8.76 **
ژنوتیپ Genotype	3	12.0 **	35.7 **	20.05 **	7.84 *	16.37 **	13.21 **
زمان × ژنوتیپ Genotype×Time	3	0.74 *	6.79 **	8.40 ns	10.13 *	1.47 ns	9.52 **
شاهد Control	3	2.52 **	5.38 **	19.64 **	11.9 **	18.8 **	18.11 **
شاهد مقابل بقیه Control V.s Residual	1	0.42 ns	16.05 **	7.09 ns	24.73 **	0.5 ns	33.75 **
خطای آزمایش Error	22	0.24	0.85	2.83	2.36	1.03	0.08
درصد ضریب تغییرات CV%	-	4.4	1.02	8.62	1.46	3.42	0.90

ns، ** و * به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and * represent non significant and significant at 1 and 5% level of probability, respectively.

جدول ٦- میانگین صفات زراعی، عملکرد و درصد روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ پرایمینگ‌شده و غیرپرایمینگ در مزرعه.

Table 6. The mean of agronomic traits, yield and percentage of seed oil of primed and non-primed safflower genotypes in field.

ژنوتیپ- زمان Time-Genotype	روزتا ۵۰ درصد سبزشدن Days to 50% emergence	روزتا ۵۰ درصد سبزشدن Days to 50% emergence	روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد غوزه در بوته Number of heads per plant	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه در بوته (گرم) Seed yield per plant (g)	روغن دانه (درصد) Seed oil (%)
6-AC-Stirling	12.1 ^{ab}	12.1 ^{ab}	118.8 ^{c}	15.0 ^{b}	29.3 ^{bc}	13.2 ^{ef}	30.3 ^{d}
10-AC-Stirling	11.83 ^{a}	11.83 ^{a}	118.8 ^{c}	15.2 ^{b}	32.4 ^{a}	14.2 ^{de}	31.0 ^{c}
AC-Stirling (non-primed)	13.0 ^{c}	13.0 ^{c}	115.8 ^{d}	16.5 ^{b}	28.3 ^{c}	12.2 ^{f}	42.2 ^{i}
6-C111	14.0 ^{e}	14.0 ^{e}	120.8 ^{b}	21.6 ^{a}	31.7 ^{a}	17.1 ^{ab}	26.9 ^{h}
10-C111	13.1 ^{cd}	13.1 ^{cd}	123.1 ^{a}	17.1 ^{b}	32.8 ^{a}	16.3 ^{bc}	31.6 ^{b}
C111 (non-primed)	13.8 ^{de}	13.8 ^{de}	118.5 ^{c}	20.8 ^{a}	31.3 ^{ab}	15.3 ^{cd}	28.8 ^{f}
6-K21	12.0 ^{a}	12.0 ^{a}	123.8 ^{a}	16.8 ^{b}	33.5 ^{a}	17.0 ^{ab}	28.2 ^{g}
10-K21	12.8 ^{bc}	12.8 ^{bc}	124.0 ^{a}	17.4 ^{b}	32.3 ^{a}	17.5 ^{ab}	28.6 ^{fg}
K21 (non-primed)	12.8 ^{bc}	12.8 ^{bc}	118.6 ^{c}	16.8 ^{b}	32.4 ^{a}	18.1 ^{a}	28.2 ^{g}
6-C4110	15.1 ^{f}	15.1 ^{f}	120.8 ^{b}	16.3 ^{b}	28.2 ^{c}	17.5 ^{ab}	32.3 ^{a}
10-C4110	15.1 ^{f}	15.1 ^{f}	118.0 ^{c}	15.8 ^{b}	33.0 ^{a}	16.4 ^{bc}	31.2 ^{bc}
C4110 (non-primed)	14.8 ^{f}	14.8 ^{f}	118.3 ^{c}	14.7 ^{b}	32.6 ^{a}	16.5 ^{abc}	29.8 ^{e}
LSD (0.05)	0.83	0.83	1.5	2.8	20.6	1.7	0.4

در هر ستون میانگین‌هایی با حرف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter in each column are not statistically significant at the 5% probability level.

عملکرد دانه در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که زمان اعمال پرایمینگ دمایی بر عملکرد دانه اثر معنی‌داری ندارد (جدول ۵) با این وجود با بررسی اثر متقابل زمان × ژنوتیپ مشخص گردید که به استثناء دو ژنوتیپ AC-Stirlling و C111 که به‌ترتیب در مدت زمان ۱۰ و ٦ ساعت اعمال پرایمینگ دمایی افزایش در عملکرد دانه نشان دادند. در دیگر ژنوتیپ‌های تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد مشاهده نگردید (جدول ٦).

درصد روغن بذر: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد روغن نشان داد که اعمال پرایمینگ دمایی حداقل در یکی از مدت زمان‌های اعمال پرایمینگ (٦ و ۱۰ ساعت) منجر به افزایش درصد روغن در همه ژنوتیپ‌های تحت تیمار در مقایسه با ژنوتیپ‌های شاهد گردید (به‌استثناء ژنوتیپ K21) (جدول ٦) و ژنوتیپ‌های AC-Stirling و C4110 از نظر این صفت بیش‌ترین عکس‌العمل (مثبت) را به اعمال پرایمینگ دمایی نشان دادند (جدول ٦).

همان‌طور که نتایج در سطح مزرعه نشان داد اعمال پرایمینگ دمایی بر صفات روز تا ۵۰ درصد سبزشدن، روز تا رسیدگی، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و درصد روغن دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ تأثیرگذار بوده است. مطابق با نتایج حاضر، در بسیاری از گیاهان زراعی و باغی از جمله مزایای مستقیم ذکر شده اعمال پرایمینگ، ظهور سریع، استقرار یکنواخت و بیش‌تر، احتیاج کم‌تر به واکاری، مقاومت بهتر به خشکی و عملکرد دانه‌ای بالاتر گیاه می‌باشد (۲۲ و ۱۸).

بر اساس گزارش‌های موجود یکی از دلایل کاهش جوانه‌زنی بذر و در نتیجه ظهور دیرهنگام گیاهچه‌ها نفوذپذیری پائین پوسته بذر نسبت به آب می‌باشد. طبق مطالعات انجام شده وجود برخی چربی‌ها، تانن‌ها و بافت‌های چوب‌پنبه‌ای در اطراف ناف بذر می‌توانند بر میزان نفوذپذیری پوسته بذر مؤثر باشند (۳۲). از سوی دیگر برخی قارچ‌های درونی در بذر گیاهان نیز به‌عنوان عوامل کاهش‌دهنده یا ممانعت‌کننده جوانه‌زنی بذر معرفی شده‌اند که اعمال پرایمینگ دمایی منجر به کاهش آسیب این نوع قارچ‌ها، افزایش درصد جوانه‌زنی و ظهور سریع‌تر گیاهان گردید (۱۱ و ٤٧). با توجه به نتایج حاصل از تأثیر پرایمینگ دمایی بر روز تا ۵۰ درصد سبزشدن، به‌نظر می‌رسد که پرایمینگ دمایی از طریق افزایش میزان جذب آب موجب جوانه‌زنی سریع‌تر و کاهش روز تا ۵۰ درصد سبزشدن بذر گلرنگ گردید؛ با این‌حال سازوکاری که در این فرآیند دخالت دارد هنوز ناشناخته است.

در خصوص صفت روز تا رسیدگی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که روز تا رسیدگی در همه ژنوتیپ‌های تحت تیمار پرایمینگ دمایی افزایش داشته است؛ این در حالی است که بر خلاف نتایج مطالعه حاضر از زودرسی به‌عنوان یکی از مزایای مستقیم پرایمینگ در بسیاری از گیاهان یاد می‌شود (۲۲). از سوی دیگر انتظار بر این بود که با افزایش روز تا رسیدگی، گیاهان فرصت بیش‌تری برای نقل و انتقال مواد فتوسنتزی یافته و این امر منجر به افزایش وزن هزاردانه و در نتیجه عملکرد دانه‌ای گیاه گلرنگ گردد؛ با این وجود نتایج نشان داد که با اعمال پرایمینگ دمایی این انتظار در همه ژنوتیپ‌های تحت تیمار مشاهده نگردید (جدول ٦). با توجه به نتایج مطالعه حاضر به احتمال زیاد اعمال پرایمینگ دمایی علاوه بر تأثیر منفی بر سرعت رشد بر صفات رشدی (ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های فرعی و اصلی، سطح برگ، وزن خشک و تر ساقه) و نحوه توزیع مواد فتوسنتزی در مراحل رشد رویشی و زایشی نیز تأثیر قابل‌توجهی داشته است که در این خصوص نیاز به آزمایش‌های تکمیلی می‌باشد.

در خصوص صفت عملکرد دانه نتایج نشان داد که اعمال پرایمینگ دمایی بر عملکرد هیچ یک از

ژنوتیپ‌های تحت تیمار تأثیر منفی نداشته است و از سوی دیگر در سه ژنوتیپ از ٤ ژنوتیپ گلرنگ حداقل در یکی از سطوح زمان اعمال پرایمنگ دمایی (٦ و ١٠ ساعت) افزایش در عملکرد دانه مشاهده گردید (جدول ٦). مطابق با نتایج مطالعه حاضر در دیگر گونه‌های گیاهی نیز تأثیر مثبت پیش تیمار بذر با تغییر رژیم دمایی منتج به افزایش عملکرد و بهره‌وری گیاهان گردید (٣٠ و ٣٧). همچنین ایلوئر و همکاران (٢٠١٢) نیز نشان دادند که پرایمینگ اسمزی به افزایش پارامترهای رشد (ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی، وزن خشک و تر ساقه، تعداد غوزه در بوته) و عملکرد دانه گلرنگ منجر گردید (١٤).

بر اساس نتایج حاضر به احتمال زیاد تأثیر مثبت پرایمینگ دمایی بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ، ناشی از تأثیر مثبت بر فعالیت‌های آنزیمی درگیر در مسیر فتوسنتز و پارامترهای رشد باشد؛ زیرا بر اساس مطالعات لین و سانگ (٢٠٠١)، وانگ و همکاران (٢٠٠٣) و هسو و همکاران (٢٠٠٣) اثر مثبت پرایمینگ بر فعالیت آنزیم‌ها مشاهده گردید (٢٣، ٢٨ و ٤٦). از آن‌جا که در طی فرآیند فتوسنتز، رشد ناگهانی و توسعه نواحی ضعیف سطح برگ ناشی از فرآیندهای آنزیمی و سنتز پروتئینی می‌باشد (٤٥) و از سوی دیگر بین میزان و سرعت فتوسنتز و توسعه سطح برگ ارتباط مثبت و متقابلی وجود دارد (١٤)؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد که پرایمینگ دمایی بذر گلرنگ توانسته است با تأثیر بر فرآیندهای آنزیمی، صفات رشدی و میزان فتوسنتز، منجر به بهبود عملکرد دانه گلرنگ گردد. این نتیجه با یافته‌های هریس و همکاران (٢٠٠٣) و باسرا و هکاران (٢٠٠٣) مبنی بر بیش‌تر شدن وزن گیاه به‌خصوص اندام‌های هوایی و به دنبال آن بهبود عملکرد دانه پس از اعمال پرایمینگ بذر، مطابقت نشان داد (٨ و ٢٢).

همچنین اعمال پرایمینگ دمایی بر درصد روغن هیچ‌یک از ژنوتیپ‌های تأثیر منفی نداشته است و از سوی دیگر در سه ژنوتیپ از ٤ ژنوتیپ گلرنگ حداقل در یکی از سطوح زمان اعمال پرایمنگ دمایی (٦ و ١٠ ساعت) افزایش در درصد روغن دانه مشاهده گردید (جدول ٦). مطابق با نتایج مطالعه حاضر در کنجد به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی نیز اعمال پرایمینگ منجر به افزایش درصد روغن گردید (٢). نکته قابل ذکر آن است که در گلرنگ همانند سایر گیاهان دانه روغنی؛ عملکرد روغن ناشی از درصد روغن بذر و عملکرد دانه می‌باشد. از سوی دیگر این دو ویژگی به‌شدت تحت‌تأثیر تاریخ کشت قرار می‌گیرند (٢٦)؛ به‌طوری‌که کرمی و همکاران (٢٠١٧) با مطالعه روی ژنوتیپ‌های گلرنگ در منطقه اصفهان (ژنوتیپ‌های و منطقه کشت مشابه با مطالعه حاضر) گزارش دادند که در کشت بهاره (اسفندماه) در مقایسه با کشت تابستانه (خردادماه) عملکرد دانه و درصد روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌دهند (٢٦). بنابراین در کشت بهاره به‌عنوان تاریخ کشت اصلی گلرنگ به‌خصوص در مناطق مرکزی ایران به‌دلیل دوره رشد طولانی گیاه گلرنگ و عملکرد دانه‌ای مطلوب در مقایسه با کشت تابستانه، چنان‌چه بتوان مسأله درصد پائین روغن را حل نمود می‌توان به سطح قابل‌قبول و قابل‌توجهی از عملکرد روغن دست پیدا کرد. بر اساس نتایج مطالعه حاضر و اثر مثبت پرایمینگ دمایی بر عملکرد دانه و درصد روغن به‌نظر می‌رسد که اعمال پرایمینگ دمایی در کشت بهاره می‌تواند منجر به بهبود عملکرد روغن گلرنگ در مقایسه با کشت بهاره شاهد (بدون اعمال پرایمینگ دمایی) گردد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که دماهای متوسط و نه خیلی بالا (۴۰ و ۶۰ سانتی‌گراد) در مدت زمان کوتاه پرایمینگ (۶ و ۱۰ ساعت) با افزایش میزان جذب آب و به احتمال زیاد بروز فعالیت ژن‌های بتا- اکسیداسیون و چرخه اسید گلی اکسیلیک (۴۸) بر سرعت فعالیت‌های متابولیکی بذر تأثیرگذار بوده و منجر به افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گلرنگ گردیدند. در راستای بررسی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های به پرایمینگ دمایی در شرایط مزرعه، نتایج به‌دست آمده تأییدکننده نتایج آزمایشگاهی بود؛ به‌طوری‌که پرایمینگ دمایی (دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) منجر به ظهور سریع گیاهچه‌ها و کاهش روز تا ۵۰ درصد سبزشدن ژنوتیپ‌های تحت تیمار در مقایسه با ژنوتیپ‌های پرایمینگ‌نشده گردید. همچنین نتایج نشان داد که اعمال پرایمینگ دمایی نه تنها بر عملکرد دانه و درصد روغن ژنوتیپ‌های پرایمینگ‌شده تأثیر منفی نداشته بلکه منجر به افزایش در عملکرد و درصد روغن دانه نیز گردید. نکته قابل‌توجه این است که به احتمال زیاد کشت بهاره بذر پرایمینگ‌شده گلرنگ می‌تواند در مقایسه با کشت بهاره بذر پرایمینگ‌نشده منجر به بهبود و افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن گردد.

منابع

1. Afzal, I., Aslam, N., Mahmood, F., Irfan, S. and Ahmad, G. 2004. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. Caderno de Pesquisa Sér. Bio. Santa Cruz do Sul. 16: 19-346.
2. Alizadeh, M. and Yadavi, A. 2016. Effect of priming and irrigation water quality on seed and oil yield and yield components of two sesames (*Sesamum indicum* L.). J. Plant. Prod. 39: 115-125. (In Persian)
3. AOCS. 1993. Official methods and recommended practices. The American Oil Chemists Society, Champaign.
4. Asgarpanah, J. and Kazemivash, N. 2013. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius* L. Chin. J. Integr. Med. 19: 153-159.
5. Azarnia, M. and Eisvand, H.R. 2013. Effects of hydro and hormonal priming on yield and yield components of chickpea in irrigated and rain-fed conditions. Elec. J. Crop. Prod. 6: 14-18. (In Persian)
6. Baljain, R. and Shekari, F. 2012. Effects of priming by salicylic acid on yield and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorus* L.) plants under end season drought stress. J. Agric. Sci. 22: 87-103. (In Persian)
7. Barati, M. 2010. Assessment of genetic diversity among and within populations in safflower cultivar and lines using EST-SSR molecular markers. M.Sc. thesis. Isfahan University of Technology. 240p. (In Persian)
8. Basra, S.M.A., Ehsanullah, E., Warraich, A., Cheema, M.A. and Afzal, I. 2003. Effect of storage on growth and yield of primed canola seed. Int. J. Agric. Bio. 5: 117-120.
9. Buriro, M., Oad, F.C., Keerio, M.I., Tunio, S., Gandahi, S.W.U., Hassan, A.W. and Oad, S.M. 2010. Wheat seed germination under the influence of temperature regimes. Sarhad. J. Agric. 27: 539-543.
10. Carlos, A., Juan, B.C., Piatti, F. and Piatti, A. 2007. Improving the germination of celery seed at high temperature. Agric. Soc. Sci. 3: 67-69.
11. Chawan, D.D. 1971. Role of high temperature pretreatments on seed germination. J. Oecol. 6: 343-349.
12. Demir, I. and Oztokat, C. 2003. Effect of salt priming on germination and seedling growth at low temperatures in watermelon seeds during development. Seed. Sci. Technol. 31: 765-770.

13. Ellis, R.A. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed. Sci. Technol. 9: 373-409.
14. Elouaer, M.A., Kaouther, Z., Ben, F.M. and Cherif, H. 2012. Seed priming for better growth and yield of safflower (*Carthamus tinctorius*) under saline condition. J. Stress Physiol. Biochem. 8: 135-143.
15. FAO. 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. www. Fao.org/faostat/#data/QC.
16. Farahani, H.A., Moaveni, P. and Maroufi, K. 2011. Effect of thermo-priming on germination of cowpea (*Vigna sinensis* L.). Adv. Environ. Biol. 5: 1668-1673.
17. Foti, S., Cosentino, S.L., Patane, C. and D'Agosta, G.M. 2002. Effect of osmo-conditioning upon seed germination of Sorghom (*Sorghom Bicolor* (L.) *Moench*) under low temperatures. Seed. Sci. Technol. 30: 521-533.
18. Ghassemi-Golezani, K., Dastborhan, S. and Zehtab-Salmasi, S. 2013. Seed priming and field performance of borage (*Borago officinalis* L.) under different irrigation treatments. Int. J. Agron. Plant. Prod. 4: 82-87.
19. Gupta, T. and Hunsigi, S.L. 2010. Improving the performance of peppermint (*Mentha piperita*) by physical seed priming under semi-arid conditions. Ind. J. Med. Plants. Res. (S): 15-21.
20. Haque, M.Z., Hasan, M.M., Rajib, M.M.R. and Hasan, M.M. 2009. Identification of cultivable heat tolerant wheat genotypes. J. Bangladesh Agric. 7: 241-246.
21. Hardegree, S.P., Jones, T.A. and Vactor, S.S.V. 2002. Variability in Thermal response of Primed and Non-primed Seeds of Squirreltail (*Elymus elymoides* (Raf.) Swezey and *Elymus multisetus* (J.G. Smith) M.E. Jones). Ann. Bot. 89: 311-319.
22. Harris D., Pathan A.K., Gothkar, P., Joshi, A., Chivasa, W. and Nyamudeza, P. 2001. On- farm seed priming: Using participatory methods to revive and refine a key technology. Agric. Sys. 69: 151-164.
23. Hiramatsu, M., Takahashi, T., Komatsu, M., Kido, T. and Kasahara, Y. 2009. Antioxidant and neuroprotective activities of Mogami-benibana (safflower, *Carthamus tinctorius* Linne). Neurochem. Res. 4: 795-805.
24. Hsu, C.C., Chen, C.L., Chen, J.J. and Sung, J.M. 2003. Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter gourd seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. Sci. Hortic. 98: 201-212.
25. Jahanban, L., Lotfifar, O. and Mottaghi, S. 2015. Study the efficiency of three seed priming methods for salt and drought stresses tolerance of safflower (*Cartthamus tinctorius* L.) in germination and seedling stages. Iran. J. Seed. Sci. Res. 3: 27-39. (In Persian)
26. Karami, S., Sabzalian, M.R., Rahimmalek, M., Saeidi, G.H. and Khodaee, L. 2017. Influence of seasonal variations on seed oil and total phenolic content of seeds and leaves in cultivated, wild species and F5 generation of inter-specific cross in *Carthamus* spp. Iran. J. Med. Aromat. Plant. 2: 281-292. (In Persian)
27. Khomari, S., Soltani-Nezhad, M. and Sefghi, M. 2014. Effect of seed vigor and pretreatment on germinability and seedling growth of safflower under drought and salinity conditions. Int. J. Farm. Alli. Sci. 3: 1229-1233.
28. Lin, J.M. and Sung, J.M. 2001. Pre-sowing treatments for improving emergence of bitter gourd seedlings under optimal and sub-optimal temperatures. Seed. Sci. Technol. 29: 39-50.
29. Liu, Y., Kermode, A. and El-Kassaby, Y.A. 2013. The role of moist-chilling and thermo-priming on the germination characteristics of white spruce (*Picea glauca*) seed. Seed. Sci. Technol. 41: 321-335.
30. Markovskaya, E.F., Sherudilo, E.G. and Sysoeva, M.I. 2007. Cucumber seed germination: effect and after-effect of temperature treatments. Seed. Sci. Biotechnol. 1: 25-31.

31.Mauromicale, G. and Cavallaro, H. 1997. A comparative study of the effects of different compounds on priming of tomato seed germination under suboptimal temperatures. Seed. Sci. Technol. 25: 399-408.
32.McDonald, M.D. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed. Sci. Technol. 27: 177-183.
33.Meyer, S.E., Debaene-Gill, S.B. and Allen, P.S. 2000. Using hydrothermal time concepts to model seed germination response to temperature, dormancy loss, and priming effects in *Elymus elymoides*. Seed. Sci. Res. 10: 213-223.
34.Moe, R. and Heins, R.D. 2000. Thermo- and photomorphogenesis in plants, P 52-64, In: E. Strømme (ed.), Advances in floricultural research, Agricultural University of Norway, Norway.
35.Monte, J.P. and Tarquis, A.M. 1997. The role of temperature in the seed germination. J. Exp. Bot. 48: 2087-2093.
36.Mørk, E., Sriskandarajah, S. and Serek, M. 2005. Influence of seed germination conditions on regenerative ability in *Campanula carpatica*. Eur. J. Hort. Sci. 70: 173-176.
37.Nleya, T., Balkl, R.A. and Vandenberg, A. 2005. Germination of common bean under constant and alternating cool temperatures. Can. J. Plant Sci. 85: 577-585.
38.O'Reilly, C. and Doody, P. 2005. Effect of moist-chilling and priming treatments on the germination of Douglas-fir and noble fir seeds. Seed. Sci. Technol. 33: 63-76.
39.Omidi, H., Soroushzadeh, A., Salehi, A. and Ghezeli, F.D. 2005. Rapeseed germination as affected by osmo-priming pretreatment. Iran J. Sci. Technol. 19: 125-136 (In Persian)
40.Ozturk, E., Ozer, H. and Polat, T. 2008. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in highland environments. Plant. Soil. Environ. 54: 453-460.
41.Pill, W.G. and Necker, A.D. 2001. The effects of seed treatments on germination and establishment of Kentucky bluegrass. Seed. Sci. Technol. 29: 65-72.
42.Sherudilo, E.G., Markovskaya, E.F. and Sysoeva, M.I. 2006. Temperature drop on moist cucumber seeds affects plant cold resistance. P 414-415, Abstracts of the XXVIIth International Horticultural Congress, Seoul, Korea.
43.Singh, V. and Nimbkar, N. 2006. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). P 167-194, In: R.J. Singh (ed), Genetic resource, chromosome engineering and crop improvement: oilseed crop, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
44.Subedi, K.D. and Ma, B.L. 2005. Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environment. Agron. J. 97: 211-218.
45.Tester, M. and Davenport, R. 2003. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Ann. Bot. 9: 503-527.
46.Wang, H.Y., Chen, C.L. and Sung, J.M. 2003. Both warm water soaking and solid priming treatments enhance anti-oxidation of bitter gourd seeds germinated at sub-optimal temperature. Seed. Sci. Technol. 31: 47-56.
47.Wiedemuth, K., Muller, J., Kahlau, A., Amme, S., Mock, H.P., Grzam, A., Hell, R., Egle, K., Beschow, H. and Humbeck, K. 2005. Successive maturation and senescence of individual leaves during barley whole plant ontogeny reveals temporal and spatial regulation of photosynthetic function in conjunction with C and N metabolism. Plant. Physiol. 162: 1226-1236.
48.Zhou, L., Yan, T., Chen, X., Li, Z, Wu, D., Hua, S. and Jiang, L. 2018. Effect of high night temperature on storage lipids and transcriptome changes in developing seeds of oilseed rape. J. Exp. Bot. 69: 1721-1733.