

پاسخ عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام گلرنگ به تنش کم آبی و پرایمینگ بذر

شهرام طاهری^۱، احمد غلامی^{۲*}، حمید عباس دخت^۳ و حسن مکاریان^۴

(۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

(۲ و ۳ و ۴) دانشیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

* نویسنده مسئول: ahgholami@yahoo.com

این مقاله مستخرج از رساله دکتری می باشد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۱

چکیده

به منظور بررسی پاسخ عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام گلرنگ به تنش کم آبی و پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و طی دو سال (۹۵-۱۳۹۴) در مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود انجام شد. کرت اصلی شامل آبیاری در سه سطح بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A شامل: عدم تنش کم آبی (۶۰ میلی متر تبخیر)، تنش کم آبی ملایم (۱۲۰ میلی متر تبخیر) و تنش کم آبی شدید (۱۸۰ میلی متر تبخیر) و کرت فرعی ترکیبی از دو فاکتور ارقام گلرنگ (گلدشت، سینا و صفه) و پرایمینگ بذر (بذور تیمار شده با اسید سالیسیلیک و بذور تیمار نشده) بود. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که تنش کم آبی باعث کاهش معنی دار صفات مورد بررسی ارقام گلرنگ در مقایسه با عدم تنش کم آبی شد، به طوری که تنش شدید کم آبی باعث کاهش ارتفاع بوته (۱۵ درصد)، عملکرد دانه (۲۹ درصد)، تعداد طبق در بوته (۲۱ درصد)، تعداد دانه در طبق (۲۲ درصد)، وزن طبق (۱۷ درصد)، درصد مغز دانه (۵ درصد)، درصد روغن دانه (۴ درصد)، عملکرد روغن (۳۶ درصد) و کلروفیل کل (۳۲ درصد) و افزایش درصد پروتئین دانه (۴ درصد) و میزان کاروتنوئید (۱۷ درصد) نسبت به شرایط عدم تنش شد. نتایج تجزیه مرکب بیان گر بهبود صفات مورد بررسی در تیمار پرایمینگ نسبت به بذور شاهد در هر دو شرایط تنش و عدم تنش کم آبی بود. برهم کنش سال با آبیاری و رقم اثر معنی داری بر عملکرد دانه و عملکرد روغن داشت به طوری که بیشترین عملکرد دانه از رقم گلدشت و بیشترین عملکرد روغن از رقم صفه در شرایط عدم تنش به دست آمد.

واژه های کلیدی: خشکی، درصد پروتئین و درصد مغز دانه.

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یک گیاه چند منظوره است که از دیرباز به دلیل استفاده از رنگیزه‌های موجود در گل‌های آن مورد کشت قرار گرفته است، اما امروزه به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی کشت می‌شود که روغن آن دارای بیش از ۸۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد که از نظر تغذیه‌ای بسیار با ارزش است (امیری و همکاران، ۱۳۹۵). کم‌آبی مهم‌ترین عامل محدود کننده تولیدات کشاورزی به شمار می‌آید که گیاه را از رسیدن به حداکثر توان محصول‌دهی باز می‌دارد (Mahdavi *et al.*, 2011). تنش خشکی باعث بروز خسارت به غشاء سلولی و سیستم فتوسنتزی گیاهان می‌شود. تنش خشکی از طریق بسته‌شدن روزنه‌ها و در نتیجه نرسیدن دی‌اکسیدکربن به کلروپلاست و کاهش پتانسیل آب سلول، فتوسنتز را تحت اثر قرار می‌دهد. همچنین تنش خشکی رشد ریشه‌ها و ساقه گیاهان را تحت اثر قرار داده و باعث کاهش سطح برگ آن‌ها می‌شود (Hopkins and Hunner, 2008). تنش خشکی، اثر بازدارندگی بر فعالیت‌های فتوشیمیایی گیاه دارد، به‌طوری‌که محتوای کلروفیل برگ تغییر کرده و فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین در فرآیند فتوسنتز کاهش می‌یابد (Monakhova and Chernyadev, 2002). در تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی، کاهش در تولید محصول در شرایط تنش خشکی غالباً به کاهش در ظرفیت فتوسنتزی ارتباط داده شده است (Bacelar *et al.*, 2007). گزارش شده است که کمبود آب و بروز تنش خشکی در محیط رشد گلرنگ باعث کاهش اندازه گیاه، تغییر رنگ برگ‌ها، کم‌شدن دوام سطح برگ و کاهش عملکرد می‌شود (کافی و رستمی، ۱۳۸۶). یکی از ترکیباتی که در ایجاد تحمل و مقاومت در برابر تنش خشکی در گیاه مؤثر است، ترکیب شبه هورمونی اسید سالیسیلیک (Salicylic acid) است. اسید سالیسیلیک (SA) یکی از ترکیبات فنلی است که در تعداد زیادی از گیاهان به‌وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و به‌عنوان ماده‌ای شبه هورمونی، نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کند (Khan *et al.*, 2015). اسیدسالیسیلیک در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند رشد و نمو گیاه، جذب یون‌ها، فتوسنتز و جوانه‌زنی، رسیدگی و پاسخ‌های دفاعی نقش محوری ایفا می‌کند (Miura and Tada, 2014). نقش این ماده در ارتباط با مکانیسم‌های دفاعی در برابر عوامل استرس‌زای زیستی و غیر زیستی به خوبی مشخص شده است (Hayat and Ahmad, 2007). اسید سالیسیلیک ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان تحت تنش‌های غیر زیستی را تنظیم نموده و نیز سبب مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها می‌شود (Hashempour *et al.*, 2014). این ماده در گیاهان عوارض جانبی تنش را کاهش داده و می‌تواند اثر نامطلوب تنش را بهبود بخشد (Yavas and Unay, 2016). Al-Hakimi و Hamada (۲۰۰۱) بذرهای گندم را در استیل سالیسیلیک اسید که در محلول آبی به سالیسیلیک اسید تجزیه می‌شود خیسانده و مشاهده کردند که گیاهان مقاومت بهتری به تنش خشکی دارند. نتایج نعمت‌اللهمی و همکاران (۱۳۹۲) نشان دادند که با کاربرد اسید سالیسیلیک محتوای

کلروفیل در ارقام آفتابگردان افزایش یافت. همچنین گزارش شده است که اسید سالیسیلیک در غلظت ۱ میلی مول، به طور موثری گیاه رازیانه را در مقابل تنش خشکی محافظت کرده و موجب افزایش عملکرد این گیاه در این شرایط شد (سالارپور غربا و فرحبخش، ۱۳۹۳). بالجانی و شکاری (۱۳۹۱) طی پژوهشی بیان داشتند که پیش تیمار اسید سالیسیلیک مقاومت گلرنگ را در مقابله با خشکی افزایش می دهد. کاهش محتوای کلروفیل و کاهش عملکرد در گیاه گلرنگ تحت تنش آبی توسط محققان مختلف گزارش شده است (فتحی امیرخیز و همکاران، ۱۳۹۴ و آزادبخت و همکاران، ۱۳۹۵). در حالی که در اثر پرایمینگ با اسید سالیسیلیک محتوای کلروفیل و میزان عملکرد گلرنگ افزایش معنی داری یافت (محمدی و همکاران، ۲۰۱۷). هدف از انجام این پژوهش امکان یابی کشت ارقام بهاره گلرنگ در شرایط کم آبی، در منطقه و بررسی اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک روی این ارقام در شرایط مختلف تنش رطوبتی و ارزیابی واکنش ارقام به این عوامل با تاکید بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق به منظور ارزیابی پاسخ عملکرد، اجزای عملکرد، محتوای روغن و پروتئین دانه ارقام گلرنگ به تنش کم آبی و پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی شاهرود به اجرا درآمد. عوامل آزمایشی به ترتیب شامل آبیاری در سه سطح بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A شامل: عدم تنش کم آبی (۶۰ میلی متر تبخیر)، تنش کم آبی ملایم (۱۲۰ میلی متر تبخیر) و تنش کم آبی شدید (۱۸۰ میلی متر تبخیر) به عنوان کرت اصلی، سه رقم گلرنگ (گلدشت، سینا و صفه) و پرایمینگ در دو سطح (بذور تیمار شده با اسید سالیسیلیک و بذور تیمار نشده) به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی پیاده شدند. جهت انجام پرایمینگ بذور گلرنگ در محلول اسید سالیسیلیک ۱/۵ میلی مولار به مدت شش ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند (Jamshidi Jam et al., 2012). در مزرعه ابعاد هر کرت ۵×۲ متر و شامل چهار ردیف کاشت بود. فاصله ردیف های کاشت ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته ها روی ردیف کاشت پنج سانتی متر در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از ورود آب به کرت های مجاور، بین هر دو کرت مجاور یک خط به صورت نکاشت قرار داده شد. قبل از شروع عملیات آماده سازی زمین، نمونه هایی از خاک تهیه و مورد آزمایش قرار گرفته و بر اساس نتایج آزمون خاک در طول فصل رشد کوددهی انجام شد (جدول ۱). عملیات تهیه زمین در اسفند ماه انجام و کاشت با مساعد شدن شرایط جوی و دمای خاک برای گلرنگ در اوایل فروردین ماه انجام شد. آبیاری بوته ها به روش آبیاری قطره ای نواری بود. پس از استقرار کامل گیاهچه ها و در مرحله سه تا چهار برگی، عملیات تنک انجام شد و تیمارهای آبیاری اعمال شد. آمار تبخیر به صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی مستقر در محل آزمایش دریافت شد (جدول

۲. در طول مراحل رشد در دو مرحله مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. در طول فصل رشد ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد.

جدول ۱: برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

| عمق (Cm) | بافت خاک | شن | سیلت | رس | مواد خنثی | | کربن | پتاسیم | فسفر | سولفات | سدیم | هدایت | |
|----------|----------|----|------|----|-----------|------|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------|
| | | | | | شونده | آلی | | | | | | الکتریکی | اسیدیته |
| | | | | | | | | (mg kg ⁻¹) | (mg kg ⁻¹) | (meq l ⁻¹) | (meq l ⁻¹) | (dS m ⁻¹) | |
| ۰-۳۰ | لومی شنی | ۵۶ | ۳۲ | ۱۲ | ۲۴ | ۰/۴۶ | ۲۴۰ | ۱۱ | ۱/۹ | ۴/۲ | ۱/۱ | ۸/۱۲ | |

جدول ۲: میزان بارندگی و میانگین دمای هوا در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ (هواشناسی شاهرود)

| ماه سال | فروردین | | اردیبهشت | | خرداد | | تیر | |
|-----------------------|---------|------|----------|------|-------|------|------|------|
| | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ | ۱۳۹۴ | ۱۳۹۵ |
| بارندگی (میلی‌متر) | ۱۳/۵ | ۳۵/۵ | ۱/۵ | ۲۸/۸ | ۰ | ۶/۸ | ۱۶ | ۰ |
| دما (درجه سانتی‌گراد) | ۹/۶ | ۱۰/۸ | ۱۹/۰ | ۱۸/۸ | ۲۵/۰ | ۲۲/۶ | ۲۶/۵ | ۲۴/۸ |

برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد دانه، در مرحله رسیدگی کامل، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت با رعایت حاشیه برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد و در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن خشک ثابت نگهداری شد. سپس تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در گیاه، وزن طبق، درصد مغز دانه، عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد روغن دانه در واحد سطح و درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد دانه در واحد سطح، بوته‌های موجود در مساحتی معادل چهار متر مربع از دو خط کاشت میانی با رعایت حاشیه برداشت شده و آن‌گاه وزن دانه‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری محتوای روغن دانه از روش سوکسله (AOAC, 1995) و جهت سنجش پروتئین دانه از روش کج‌لدال (Magomya *et al.*, 2014) استفاده شد. رنگدانه‌های فتوسنتزی با دی‌متیل سولفوکساید و با دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد و در نهایت با فرمول‌های مربوطه، کلروفیل کل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد (Sumanta *et al.*, 2014). پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایش، با نرم‌افزار آماری SAS (9.1) تجزیه مرکب آماری انجام و سال به‌عنوان متغیر تصادفی در نظر گرفته شد. سپس مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده سال، رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بذر و برهم‌کنش دوگانه سال با رژیم آبیاری در سطح احتمال یک درصد ارتفاع بوته گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر از

ارتفاع بوته نشان داد که این صفت در بذور پرایم شده نسبت به بذور تیمار نشده در حدود ۸ درصد افزایش یافت (جدول ۴). هم‌چنین نتایج اثر رقم بر ارتفاع بوته نشان داد که ارتفاع بوته رقم صغه نسبت به رقم سینا حدود ۲۷ درصد و نسبت به رقم گلدشت حدود ۳۰ درصد بیش‌تر بود (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش دوگانه سال با رژیم آبیاری بر ارتفاع بوته نشان داد که بیش‌ترین مقدار در سال اول آزمایش در شرایط عدم تنش کم‌آبی با ۵۷/۲ سانتی‌متر به دست آمد که با ارتفاع بوته در سال دوم فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود و کم‌ترین ارتفاع بوته در سال دوم آزمایش در شرایط تنش کم‌آبی شدید با ۲۲ درصد کاهش معادل ۴۴/۶ سانتی‌متر به‌دست آمد (شکل ۱). رقم صغه از نظر ژنتیکی از ارقام پابلند گلرنگ بوده و با رشد رویشی زیاد در اوایل فصل بالاترین ارتفاع بوته را حتی در شرایط تنش کم‌آبی داشت و برعکس رقم گلدشت پتانسیل ژنتیکی افزایش ارتفاع بوته را نداشت و با وجود داشتن حداکثر میزان کلروفیل، کم‌ترین ارتفاع بوته در بین ارقام مورد بررسی را دارا بود. مطالعات شهسواری و همکاران (۱۳۹۱) و Nickabadi و همکاران (۲۰۰۸) اختلاف در ارتفاع بوته ارقام صغه و گلدشت را مورد تأیید قرار داد. هم‌چنین آزمایش‌های Hu و همکاران (۲۰۰۵) و Gamarnia و Gholamian (۲۰۱۳) کاهش ارتفاع گیاهان در اثر تنش رطوبتی را تأیید کرده است. پرایمینگ موجب افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، درصد جوانه‌زنی و سبزشدن بوته شد، که در نتیجه باعث بهبود رشد رویشی گیاه می‌شود. احتمالاً پرایمینگ با تسریع در تقسیم سلولی، باعث افزایش ارتفاع بوته می‌شد. طی آزمایشی تیمار ۴۸ ساعت پرایمینگ باعث افزایش ارتفاع گیاه برنج شد (Tiryaki et al., 2005).

عملکرد دانه

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بذر و برهم‌کنش دوگانه سال با رقم و برهم‌کنش سه‌گانه سال با آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده سال در سطح احتمال پنج درصد عملکرد دانه گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد دانه نشان دهنده افزایش حدود ۸ درصدی عملکرد دانه حاصل از بذور پرایم شده نسبت به بذور تیمار نشده بود (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش سه‌گانه سال با رژیم آبیاری، هم‌چنین رقم با عملکرد دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه یعنی ۳۵۲۷ کیلوگرم در هکتار، در سال اول آزمایش از رقم گلدشت در شرایط عدم تنش کم‌آبی به‌دست آمد، که با عملکرد دانه در سال دوم فاقد اختلاف معنی‌دار آماری بود و کم‌ترین عملکرد دانه در سال اول آزمایش از رقم سینا در شرایط تنش کم‌آبی شدید با ۴۸ درصد کاهش معادل ۱۸۲۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۵). دلیل اختلاف بین حداقل عملکرد دانه در دو سال اجرای آزمایش را می‌توان به تفاوت شرایط آب‌وهوایی و طول دوره رشد در این دو سال نسبت داد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورد مطالعه

| کاروتنوئید | کلروفیل کل (mg g ⁻¹ fw) | درصد پروتئین دانه | درصد روغن دانه | درصد مغز دانه | وزن طبق (g) | تعداد دانه | | تعداد طبق در بوته | | عملکرد روغن (kg ha ⁻¹) | عملکرد دانه | ارتفاع بوته (cm) | تیمار |
|------------|---------------------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|------------|---------|-------------------|---------|---------------------------------------|-------------|------------------|-------|
| | | | | | | در طبق | در بوته | در طبق | در بوته | | | | |
| ۸/۱۶ a | ۵۸۹ a | ۱۸/۷ a | ۲۸/۲۴ b | ۴۸/۶۸ a | ۳/۰۱ b | ۲۴/۶۳ a | ۲۰/۷۹ b | ۷۶۱ b | ۲۶۷۷ b | ۲۶۷۷ b | ۵۴۴ a | اول | |
| ۸/۲۲ a | ۵۸۰ a | ۱۴/۷ b | ۲۹/۳۴ a | ۴۷/۰۶ b | ۳/۲۶ a | ۲۴/۹۸ a | ۲۲/۸۳ a | ۸۲۹ a | ۲۸۱۱ a | ۲۸۱۱ a | ۵۱/۶ b | دوم | |
| ۰/۳۱ | ۰/۳۹ | ۰/۷۶ | ۱/۹۹ | ۰/۹۵ | ۰/۲۸ | ۳/۴۵ | ۱/۵۵ | ۸۷/۱۷ | ۳۱۰/۰۵ | ۳۱۰/۰۵ | ۱/۵۵ | LSD | |
| ۷/۵۰ b | ۶/۹۴ a | ۱۵/۱ c | ۳۰/۲۲ a | ۵۰/۰۲ a | ۳/۴۷ a | ۲۷/۷۲ a | ۲۳/۸۰ a | ۹۵۲ a | ۳۱۶۷ a | ۳۱۶۷ a | ۵۶/۹ a | تنش آبی: | |
| ۸/۰۲ b | ۵/۸۸ b | ۱۶/۴ b | ۲۹/۴۷ a | ۴۷/۹۲ b | ۳/۰۷ b | ۲۴/۸۷ b | ۲۲/۹۲ a | ۸۲۹ a | ۲۸۰۸ b | ۲۸۰۸ b | ۵۴/۰ b | عدم تنش | |
| ۹/۰۵ a | ۴/۷۲ c | ۱۸/۶ a | ۲۶/۶۹ b | ۴۵/۶۷ c | ۲/۸۷ b | ۲۱/۷۲ c | ۱۸/۷۲ b | ۶۰۴ b | ۲۲۵۷ c | ۲۲۵۷ c | ۴۸/۱ c | تنش ملایم | |
| ۰/۶۷ | ۰/۷۹ | ۰/۹۵ | ۱/۵۹ | ۱/۶۹ | ۰/۳۲ | ۲/۴۹ | ۱/۵۹ | ۱۲۸/۹۶ | ۳۱۹/۰۴ | ۳۱۹/۰۴ | ۲/۶۷ | تنش شدید | |
| ۸/۲۴ a | ۵/۸۲ a | ۱۵/۹ b | ۲۷/۹۲ b | ۴۷/۰۰ b | ۳/۰۲ b | ۲۴/۳۳ b | ۲۰/۸۱ b | ۷۳۷ b | ۲۶۲۲ b | ۲۶۲۲ b | ۵۰/۹ b | شاهد | |
| ۸/۱۳ a | ۵/۸۷ a | ۱۷/۵ a | ۲۹/۶۷ a | ۴۸/۷۴ a | ۳/۲۴ a | ۲۵/۶۳ a | ۲۲/۸۱ a | ۸۵۳ a | ۲۸۶۶ a | ۲۸۶۶ a | ۵۵/۱ a | پرایم | |
| ۰/۳۰ | ۰/۱۷ | ۰/۴۳ | ۰/۹۸ | ۱/۳۷ | ۰/۱۳ | ۰/۸۲ | ۱/۱۰ | ۴۰/۲۸ | ۱۰۴/۴۵ | ۱۰۴/۴۵ | ۱/۶۹ | LSD | |
| ۸/۵۱ a | ۶/۳۹ a | ۱۵/۱ b | ۲۵/۹۳ c | ۴۵/۷۵ c | ۳/۶۰ a | ۲۳/۳۳ b | ۱۹/۳۶ c | ۷۸۰ b | ۲۹۹۸ a | ۲۹۹۸ a | ۴۵/۹ b | رقم: | |
| ۷/۶۷ b | ۵/۴۹ c | ۲۰/۱ a | ۲۹/۳۶ b | ۴۷/۵۶ b | ۲/۶۳ c | ۲۴/۱۶ b | ۲۳/۹۷ a | ۷۱۹ c | ۲۴۴۰ c | ۲۴۴۰ c | ۴۷/۹ b | گلدشت | |
| ۸/۳۹ a | ۵/۷۶ b | ۱۴/۹ b | ۳۱/۱۸ a | ۵۰/۳۰ a | ۳/۱۹ b | ۲۶/۹۲ a | ۲۲/۱۱ b | ۸۸۶ a | ۲۸۱۴ b | ۲۸۱۴ b | ۶۵/۳ a | سینا | |
| ۰/۳۷ | ۰/۲۱ | ۰/۵۲ | ۱/۲۰ | ۱/۶۸ | ۰/۱۶ | ۱/۰۱ | ۱/۳۴ | ۴۹/۳۳ | ۱۲۷/۹۳ | ۱۲۷/۹۳ | ۲/۰۷ | صفه | |
| | | | | | | | | | | | | LSD | |

میانگین ستون‌های با حرف‌های متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد توسط آزمون LSD هستند.



شکل ۱: برهمکنش سال با رژیم آبیاری بر ارتفاع بوته گلرنگ

رقم گلدشت در شرایط عدم تنش و تنش ملایم کم آبی بالاترین عملکرد دانه را داشت، ولی رقم صفا با داشتن بالاترین میزان کاروتنوئید در شرایط تنش شدید، بالاترین عملکرد دانه را در این شرایط به دست آورد به طوری که در کمبود آب روزنه‌ها بسته و در نتیجه میزان گاز کربنیک ورودی به گیاه کم شده و فتوسنتز و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. پالیزدار و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی اثر تیمارهای آبیاری در گیاه گلرنگ در چهار سطح (تبخیر تجمعی ۶۰، ۱۰۰، ۱۴۰ و ۱۸۰ میلی‌متر) از تشتک تبخیر کلاس A دریافتند که با کاهش آبیاری از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی به تیمار ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی، عملکرد دانه ۱۱۰ درصد کاهش یافت. مطالعات بالجانی و شکاری (۱۳۹۱) نشان داد که با اعمال پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در ارقام گلرنگ، جوانه‌زنی بذر و سبز شدن سریع‌تر انجام و گیاهان دارای شاخص سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص بالاتری بوده و در نتیجه عملکرد بیش‌تری به دست می‌آید.

جدول ۵: برهمکنش سه‌گانه سال با آبیاری و رقم بر عملکرد دانه و عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)

| عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) | | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | | تیمارهای آزمایشی |
|--------------------------------|---------|--------------------------------|----------|-------------------|
| سال دوم | سال اول | سال دوم | سال اول | |
| ۹۶۲b | ۸۶۷bcd | ۳۵۰۸a | ۳۵۲۷a | عدم تنش × گلدشت |
| ۹۵۵bc | ۸۶۴bcd | ۳۰۰۷bc | ۲۷۰۸cdef | عدم تنش × سینا |
| ۱۰۹۰a | ۹۷۲ab | ۳۲۷۱ab | ۲۹۸۰bcde | عدم تنش × صفا |
| ۷۶۵de | ۸۴۰cde | ۲۸۵۳cde | ۳۱۷۹b | تنش ملایم × گلدشت |
| ۸۲۳de | ۶۱۷fg | ۲۶۹۱def | ۲۱۵۱h | تنش ملایم × سینا |
| ۹۶۹b | ۹۶۰bc | ۳۰۰۳bcd | ۲۹۷۴bcde | تنش ملایم × صفا |
| ۷۲۶ef | ۵۲۲gh | ۲۶۸۷ef | ۲۲۳۶gh | تنش شدید × گلدشت |
| ۵۷۷gh | ۴۷۶h | ۲۱۴۰h | ۱۸۲۳i | تنش شدید × سینا |
| ۵۹۵gh | ۷۳۱ef | ۲۱۳۷h | ۲۵۱۸fg | تنش شدید × صفا |
| ۱۲۰/۸۰ | | ۳۱۳/۳۰ | | LSD |

میانگین‌های با حرف‌های متفاوت، در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد توسط آزمون LSD هستند.

عملکرد روغن دانه

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده سال، رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بذر و برهم کنش سه گانه سال با آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد و برهم کنش دو گانه سال با رقم در سطح احتمال پنج درصد، عملکرد روغن دانه گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد روغن دانه نشان داد که این صفت در بذور پرایم شده نسبت به بذور تیمار نشده در حدود ۱۱ درصد افزایش یافت (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین های برهم کنش سه گانه سال با رژیم آبیاری و رقم بر عملکرد روغن دانه نشان داد که بیشترین مقدار در سال دوم آزمایش از تیمار رقم صغه در شرایط عدم تنش کم آبی با ۱۰۹۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و کمترین عملکرد روغن دانه در سال اول آزمایش از رقم سینا در شرایط تنش کم آبی شدید با ۵۶ درصد کاهش معادل ۴۷۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۵). علت بالا بودن عملکرد روغن رقم صغه در شرایط عدم تنش را می توان به درصد بالای روغن این رقم مرتبط دانست، ولی در شرایط تنش شدید با افت شدید درصد روغن و عملکرد دانه، عملکرد روغن این رقم کاهش معنی داری یافت و از رقم گلدشت کم تر شد. به هر حال به نظر می رسد که در مطالعه حاضر به طور کلی کمبود آب با کاهش درصد مغز دانه گلرنگ سبب کاهش روغن دانه شده است. گل پرور و قاسمی (۱۳۹۱) در بررسی خود بیان داشتند که در گلرنگ در شرایط کم آبی صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در گیاه و عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه و صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در گیاه، عملکرد دانه و درصد روغن نیز همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد روغن دارد. هم چنین تحقیق های انجام شده روی سه گیاه دانه روغنی بزرک، خردل و گلرنگ نشان داد که تنش آبی موجب کاهش محتوای روغن آن ها می شود (Gouranga *et al.*, 2007).

تعداد طبق در بوته

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده سال، رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بذر در سطح احتمال یک درصد تعداد طبق در بوته گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). در این تحقیق تعداد طبق در بوته در سال دوم نسبت به سال اول اجرای آزمایش نه درصد بیش تر بود (جدول ۴). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر تعداد طبق در بوته نشان داد که این صفت در بذور پرایم شده نسبت به بذور تیمار نشده در حدود نه درصد افزایش یافت (جدول ۴). هم چنین نتایج اثر رقم بر تعداد طبق در بوته نشان داد که تعداد طبق در بوته رقم سینا نسبت به رقم گلدشت حدود ۱۹ درصد بیش تر بود (جدول ۴). به نظر می رسد علت زیاد بودن تعداد طبق در بوته رقم سینا، پتانسیل ژنتیکی این رقم باشد که تعداد زیادی طبق با وزن پایین تولید می کند. در اثر تنش خشکی سطح برگ کاهش یافته، سرعت پیری برگ ها تشدید شده و میزان فتوسنتز خالص و در نتیجه ماده خشک تولیدی گیاه کاهش می یابد و در نتیجه گیاه تعداد طبق کمتری تولید می کند (Farshidfar *et al.*, 2002).

هم‌چنین مطالعه‌های دیگری در گلرنگ این نتایج را تایید کرده است (Jabbari Orang and Ebadi, 2012). احتمالاً با اعمال هیدروپرایمینگ، رشد رویشی بوته‌ها افزایش یافته و این امر منجر به افزایش تعداد شاخه و تعداد طبق در بوته می‌شود. نتایج بررسی‌ها در برنج نشان داد که در شرایط تنش، پرایمینگ بذر باعث افزایش تعداد پنجه بارور در مقایسه با بذور تیمار نشده شد (Du and Tuong, 2002).

تعداد دانه در طبق

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بذر و برهم‌کنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم در سطح احتمال یک درصد تعداد دانه در طبق گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر تعداد دانه در طبق نشان داد که این صفت در بذور پرایم شده نسبت به بذور تیمار نشده در حدود پنج درصد افزایش یافت (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم بر تعداد دانه در طبق نشان داد که بیش‌ترین مقدار از رقم صغه در شرایط عدم تنش کم‌آبی با ۳۰/۰ عدد به‌دست آمد و کم‌ترین تعداد دانه در طبق از رقم گلدشت در شرایط تنش کم‌آبی شدید با ۲۲ درصد کاهش معادل ۲۰/۲ عدد به‌دست آمد (جدول ۶). عدم تأمین مناسب عوامل محیطی نظیر آب، مواد غذایی، درجه حرارت و نور می‌تواند یک یا چند جزء عملکرد را کاهش دهد. تنش آبی با کاهش رشد رویشی گیاه، بر اجزای عملکرد اثر گذاشته و باعث کاهش برخی از این اجزاء می‌شود. بسیاری از مطالعه‌ها نشان داده‌اند که وقوع تنش کمبود آب در مرحله گرده‌افشانی منجر به کاهش تعداد دانه در طبق می‌شود، ولی میزان این کاهش تابع نوع گیاه زراعی، ژنوتیپ و به ویژه شدت تنش است. در این پژوهش رقم صغه تعداد دانه در طبق بیش‌تری نسبت به دو رقم دیگر داشت که احتمالاً به علت پتانسیل ژنتیکی می‌باشد. در تنش ملایم کم‌آبی، تعداد دانه در طبق رقم گلدشت بر خلاف دو رقم دیگر کاهش معنی‌داری نیافت، ولی با ادامه تنش این صفت در هر سه رقم کاهش یافت، ولی این کاهش در رقم گلدشت کم‌تر بود. با افزایش در قدرت رشد گیاه که در نتیجه پرایمینگ اتفاق می‌افتد، اجزای عملکرد و از جمله تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق افزایش می‌یابند. جان‌محمدی و همکاران (۲۰۱۷) کاهش تعداد دانه در طبق گلرنگ در اثر تنش آبی را گزارش نمودند. هم‌چنین صادقی‌بختوری و همکاران (۱۳۹۴) گزارش دادند که در گلرنگ گیاهان پرایم شده تعداد دانه در طبق بیش‌تری نسبت به گیاهان شاهد داشتند. هم‌چنین عباس‌دخت و همکاران (۱۳۹۵) به نتایج مشابهی در آفتابگردان دست یافتند. اختلاف بین ارقام گلرنگ از نظر تعداد دانه در طبق توسط پاسبان اسلام (۱۳۹۰) گزارش شده است.

وزن طبق

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده سال، رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بذر در سطح احتمال ۱ درصد و

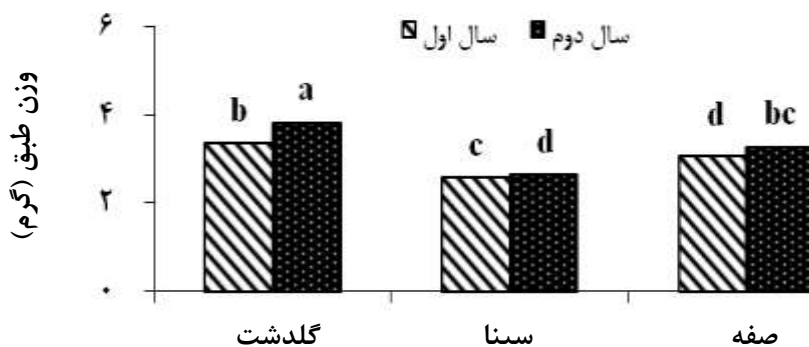
برهم‌کنش دوگانه سال با رقم در سطح احتمال پنج درصد وزن طبق گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر وزن طبق نشان داد که این صفت در بذور پرایم شده نسبت به بذور تیمار نشده در حدود ۷ درصد افزایش یافت (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش دوگانه سال با رقم بر وزن طبق نشان داد که بیش‌ترین مقدار در سال دوم اجرای آزمایش از رقم گلدشت و کم‌ترین وزن طبق در سال دوم از رقم سینا با ۳۰ درصد کاهش به دست آمد (شکل ۲). کافی و رستمی (۱۳۸۶) گزارش کردند که کم‌آبی شدید باعث کاهش معنی‌دار وزن متوسط طبق و سایر اجزاء عملکرد در گلرنگ شد. به نظر می‌رسد که علت کم بودن عملکرد دانه رقم سینا در پژوهش حاضر، پایین بودن وزن طبق این رقم نسبت به ارقام دیگر بوده است. نتایج بهدانی و موسوی فر (۱۳۹۰) نشان داد که ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر صفاتی مانند وزن خشک کل، وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه (برگ، ساقه و طبق) در دو مرحله گلدهی و رسیدگی، شاخص برداشت و درصد انتقال مجدد، به سطوح مختلف قطع آبیاری پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند.

جدول ۶: برهم‌کنش آبیاری با رقم بر تعداد دانه در طبق و درصد پروتئین دانه گلرنگ در سال‌های ۱۳۹۴ و

۱۳۹۵

| تیمارهای آزمایشی | تعداد دانه در طبق | درصد روغن دانه | درصد پروتئین دانه | کلروفیل کل (mg g ⁻¹ fw) | کاروتنوئید (mg g ⁻¹ fw) |
|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| عدم تنش × گلدشت | ۲۴/۹c | ۲۶/۱d | ۱۴/۱d | ۷/۳۲a | ۷/۷۷c |
| عدم تنش × سینا | ۲۸/۲b | ۳۱/۸a | ۱۸/۷b | ۶/۷۶b | ۷/۰۲d |
| عدم تنش × صفه | ۳۰/۰a | ۳۲/۸a | ۱۲/۵e | ۶/۷۴b | ۷/۷۰c |
| تنش ملایم × گلدشت | ۲۴/۸c | ۲۶/۶cd | ۱۴/۸d | ۶/۵۱b | ۸/۸۶b |
| تنش ملایم × سینا | ۲۲/۸de | ۲۹/۵b | ۱۹/۵b | ۵/۶۰c | ۷/۵۶cd |
| تنش ملایم × صفه | ۲۷/۲b | ۳۲/۲a | ۱۵/۰d | ۵/۵۳c | ۷/۶۳cd |
| تنش شدید × گلدشت | ۲۰/۲f | ۲۵/۱d | ۱۶/۵c | ۵/۰۶d | ۸/۹۰b |
| تنش شدید × سینا | ۲۱/۴ef | ۲۶/۵cd | ۲۲/۰a | ۴/۱۱e | ۸/۴۲b |
| تنش شدید × صفه | ۲۳/۵cd | ۲۸/۵bc | ۱۷/۳c | ۵/۰۲d | ۹/۸۳a |
| LSD | ۱/۷۵ | ۲/۰۸ | ۰/۹۱ | ۰/۳۷ | ۰/۶۴ |

میانگین ستون‌های با حرف‌های متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد توسط آزمون LSD هستند.



شکل ۲: برهم‌کنش سال با رقم بر وزن طبق گلرنگ

درصد مغز دانه

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده رژیم آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده سال و پرایمینگ بذر در سطح احتمال پنج درصد، میزان درصد مغز دانه گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). در این تحقیق درصد مغز دانه در سال دوم نسبت به سال اول اجرای آزمایش حدود دو درصد بیش‌تر بود (جدول ۴). نتایج اثر پرایمینگ بذر بر درصد مغز دانه نشان داد که این صفت در بذور پرایم شده نسبت به بذور تیمار نشده در حدود دو درصد افزایش یافت (جدول ۴). هم‌چنین نتایج اثر رقم بر درصد مغز دانه نشان داد که درصد مغز دانه رقم صغه نسبت به رقم سینا حدود ۳ درصد و نسبت به رقم گلدشت حدود ۵ درصد بیش‌تر بود (جدول ۴). صادقی بختوری و همکاران (۱۳۹۴) معنی‌دار بودن اثر تنش کم‌آبی بر روی درصد مغز دانه گلرنگ را گزارش نمودند. به‌نظر می‌رسد به‌دلیل تنش خشکی، کاهش فتوسنتز موجب کاهش نسبت مغز به کل دانه شده باشد؛ زیرا وجود آب کافی در نقل و انتقال شیره پرورده و پر شدن دانه نقش به‌سزایی دارد و هر چه انتقال مواد به دانه‌ها بیش‌تر باشد، درصد مغز به پوست دانه افزایش می‌یابد. در این مطالعه رقم گلدشت دارای دانه‌های درشت با پوست ضخیم بود که موجب افزایش درصد پوست به مغز دانه و در نتیجه کاهش درصد مغز دانه این رقم نسبت به ارقام دیگر مورد بررسی شد. هم‌چنین بر اساس نتایج این بررسی گیاهان حاصل از بذور پرایم شده به علت استفاده بهتر و سریع‌تر از عوامل محیطی درصد مغز بالاتری را داشتند. صادقی بختوری و همکاران (۱۳۹۴) نیز به نتایج مشابهی در گلرنگ دست یافتند. هم‌چنین عباس‌دخت و همکاران (۱۳۹۵) افزایش درصد مغز آفتابگردان در اثر پرایمینگ بذر را گزارش نمودند.

درصد روغن دانه

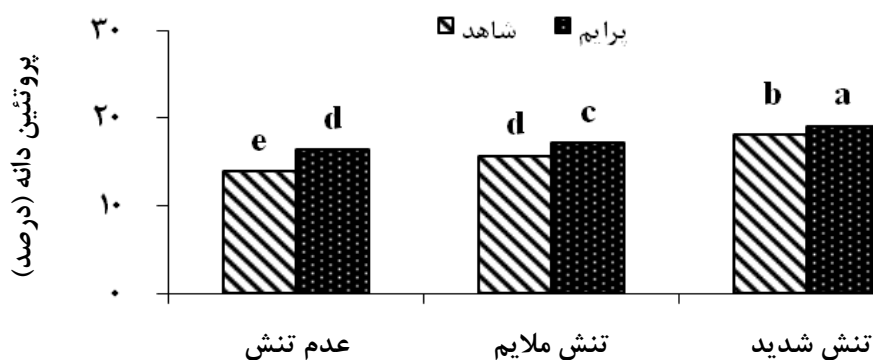
بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده سال، آبیاری و رقم و برهم‌کنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر ساده پرایمینگ بذر در سطح احتمال یک درصد میزان درصد روغن دانه را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). در این مطالعه درصد روغن در بذور پرایم شده نسبت به بذور شاهد در حدود $1/75$ درصد افزایش یافت (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش دو گانه رژیم آبیاری با رقم نشان داد که بیش‌ترین درصد روغن دانه از رقم صغه در شرایط عدم تنش کم‌آبی به‌دست آمد. در حالی که کم‌ترین مقدار درصد روغن دانه با بیش از $7/7$ درصد اختلاف از رقم گلدشت در شرایط تنش کم‌آبی شدید بدست آمد (جدول ۶). رقم گلدشت به علت درصد مغز دانه پایین، درصد روغن پایینی داشت، ولی تنش کم‌آبی اثر کم‌تری بر میزان درصد روغن این رقم نسبت به دو رقم دیگر داشت. تحقیق‌های انجام شده روی سه گیاه دانه روغنی بزرک، خردل و گلرنگ نشان داد که تنش آبی موجب کاهش درصد روغن بذر می‌شود (Gouranga et al., 2007).

همچنین نتایج بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک موجب افزایش معنی دار محتوای روغن ارقام گلرنگ شد (بالجانی و شکاری، ۱۳۹۱).

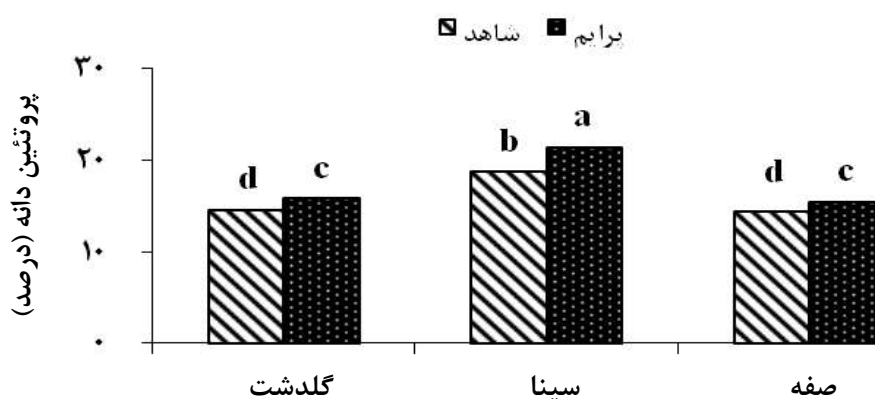
درصد پروتئین دانه

بررسی نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر ساده سال، رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بذر و برهم‌کنش دوگانه آبیاری با رقم و برهم‌کنش دوگانه رقم با پرایمینگ بذر در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش دوگانه آبیاری با پرایمینگ بذر در سطح احتمال ۵ درصد، میزان درصد پروتئین دانه گلرنگ را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). در این تحقیق پروتئین دانه در سال دوم نسبت به سال اول اجرای آزمایش حدود چهار درصد بیش‌تر بود (جدول ۴). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم بر درصد پروتئین دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار از رقم سینا در شرایط تنش شدید کم‌آبی و کم‌ترین درصد پروتئین دانه با حدود ۱۰ درصد کاهش از رقم صفا در شرایط عدم تنش کم‌آبی به‌دست آمد (جدول ۶). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش دوگانه آبیاری با پرایمینگ بذر بر درصد پروتئین دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار در بذور پرایم شده در شرایط تنش کم‌آبی شدید و کم‌ترین درصد پروتئین دانه با حدود ۵ درصد کاهش از بذور شاهد در شرایط عدم تنش کم‌آبی به‌دست آمد (شکل ۳). بررسی نتایج مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش دوگانه رقم با پرایمینگ بذر بر درصد پروتئین دانه نشان داد که بیش‌ترین مقدار در بذور پرایم شده رقم سینا و کم‌ترین درصد پروتئین دانه با حدود هفت درصد کاهش از بذور پرایم نشده رقم گلدشت به‌دست آمد (شکل ۴).

در مطالعه حاضر رقم سینا دارای درصد پروتئین دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام مورد بررسی بود و با تشدید تنش کم‌آبی این میزان افزایش یافت که درصد افزایش در رقم گلدشت بیش‌تر از سایر ارقام مورد بررسی بود. افزایش درصد پروتئین دانه با اعمال تنش آب می‌تواند به دلیل اثر تنش آب بر کاهش پر شدن دانه و افزایش نسبت پوسته به مغز دانه گلرنگ باشد. همچنین این مسئله می‌تواند به دلیل کاهش وزن دانه در اثر تنش رطوبتی باشد. در زمان وقوع تنش، جهت انجام عمل تنظیم اسمزی در گیاه پروتئین‌های مخصوص تنش نیز تولید می‌شوند به‌طوری که غلظت این نوع پروتئین‌ها در تمامی گیاه افزایش می‌یابد. این پروتئین‌ها جزو پروتئین‌های ساختمانی نبوده ولی درصد کل پروتئین را بالا می‌برند (Liu *et al.*, 2005). در ذرت مشاهده شد که تنش خشکی باعث افزایش پروتئین دانه می‌شود (Rashid *et al.*, 2006). اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد پروتئین، احتمالاً به‌علت وجود تفاوت ژنتیکی بین آن‌ها است. در مطالعه‌های Nascimento (۲۰۰۳) اثر ژنوتیپ‌ها بر درصد پروتئین دانه تأیید شده است. هم‌چنین گزارش شده است که پرایمینگ بذر باعث افزایش تجمع پروتئین دانه می‌شود (Musa *et al.*, 2001).



شکل ۳: برهمکنش رژیم آبیاری با پرایمینگ بذر بر درصد پروتئین دانه گلرنگ

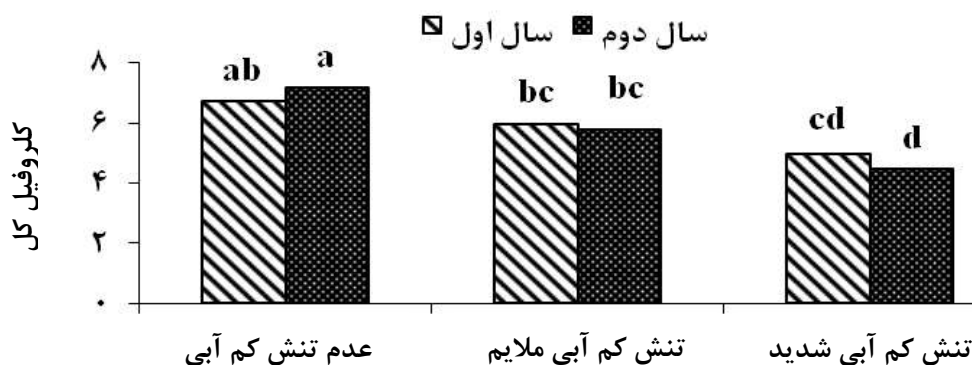


شکل ۴: برهمکنش رقم با پرایمینگ بذر بر درصد پروتئین دانه گلرنگ

کلروفیل کل

بررسی نتایج تجزیه مرکب کلروفیل کل گلرنگ نشان داد که اثر ساده رژیم آبیاری، رقم، برهم‌کنش دوگانه سال با رژیم آبیاری و برهم‌کنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم در سطح احتمال یک درصد میزان کلروفیل کل را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). بررسی نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش دوگانه سال با رژیم آبیاری نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل کل در سال دوم اجرای آزمایش از تیمار عدم تنش کم‌آبی به‌دست آمد، در حالی که کم‌ترین مقدار کلروفیل کل با بیش از ۳۷ درصد اختلاف در سال دوم آزمایش از تیمار تنش کم‌آبی شدید به‌دست آمد (شکل ۵). بررسی نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم نشان داد که بیش‌ترین مقدار کلروفیل کل از رقم گلدشت در شرایط عدم تنش کم‌آبی به‌دست آمد. در حالی که کم‌ترین مقدار کلروفیل کل با بیش از ۴۵ درصد اختلاف از رقم صفه در شرایط تنش کم‌آبی شدید به‌دست آمد (جدول ۶). براساس گزارش Garcı و همکاران (۲۰۰۵) میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در اثر تنش اسمزی تا شش روز پس از شروع تنش می‌تواند در اثر توسعه کلروپلاست‌ها به‌دلیل افزایش تعداد تیلاکوئیدها افزایش یابد و با ادامه تنش میزان آن کاهش خواهد یافت. در مطالعه حاضر رقم گلدشت به علت پتانسیل

ژنتیکی، بالاترین کلروفیل کل در بین ارقام مورد بررسی را داشت و در شرایط تنش شدید کم آبی این رقم کمترین کاهش میزان کلروفیل نسبت به دو رقم دیگر را دارا بود. Amini و همکاران (۲۰۱۳) کاهش محتوای کلروفیل و در نتیجه کاهش فتوسنتز در ارقام حساس گلرنگ در شرایط تنش کم آبی را گزارش کردند. نتایج مشابه برای کاهش کلروفیل کل در اثر تنش کم آبی در دانه‌های روغنی کنجد Abraham و همکاران (۲۰۰۸) آفتابگردان Oraki و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش شده است



شکل ۵: برهمکنش سال با رژیم آبیاری بر کلروفیل کل گلرنگ

کاروتنوئید

بررسی نتایج تجزیه مرکب صفت کاروتنوئید گلرنگ نشان داد که اثر ساده رژیم آبیاری، رقم و برهمکنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم در سطح احتمال یک درصد در سطح احتمال یک درصد میزان کاروتنوئید را تحت اثر قرار دادند (جدول ۳). بررسی نتایج مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه رژیم آبیاری با رقم نشان داد که بیشترین مقدار کاروتنوئید از رقم سفید در شرایط تنش کم آبی شدید به دست آمد. در حالی که کمترین مقدار کاروتنوئید با بیش از ۲۹ درصد اختلاف از رقم سینا در شرایط عدم تنش کم آبی حاصل شد (جدول ۶). کاروتنوئیدها رنگدانه‌های کمکی اند که در جذب و انتقال نور اثر دارند و حفاظت کننده‌های کلروفیلی در طی فرآیند اکسیداسیون نوری محسوب می‌شوند (Eldahshan and Singab, 2013). در این بررسی دو رقم گلدشت و سفید در شرایط عدم تنش کم آبی دارای میزان کاروتنوئید بالاتری نسبت به رقم سینا بودند، ولی در شرایط تنش شدید، رقم سفید میزان کاروتنوئید بالاتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. گونه‌هایی که دارای کاروتنوئید بالاتری می‌باشند، در تنش اکسیداتیو ناشی از تنش آب، دفاع مؤثرتری خواهند داشت و تحمل بهتری را در برابر تنش خشکی نشان می‌دهند (نعمت‌اللهی، ۱۳۹۲). افزایش میزان کاروتنوئید و کاهش کلروفیل در ارقام ذرت تحت تنش خشکی توسط پژوهشگران نیز گزارش شده است (Mohammadkhani and Heidari, 2007).

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که با تشدید تنش آبی، عملکرد دانه در هر سه رقم مورد بررسی کاهش قابل توجهی داشت، ولی میزان کاهش در رقم گلدشت به علت افت کم‌تر کلروفیل و در نتیجه فتوسنتز بالاتر کم‌تر از سایر ارقام بود. به نحوی که بالاترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری رقم گلدشت تیمار شده با اسید سالیسیلیک در شرایط بدون تنش آبی به میزان ۳۸۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. رقم صفا نیز به علت داشتن درصد روغن دانه بیشتر، بالاترین عملکرد روغن را در بین ارقام مورد بررسی دارا بود. بر اساس نتایج این مطالعه پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک اثر معنی‌داری در افزایش ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، درصد مغز دانه، عملکرد دانه و کیفیت دانه داشت. پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک در هر دو شرایط نرمال و تنش موجب افزایش عملکرد دانه و دیگر پارامترهای کمی شد به نحوی که حداکثر عملکرد دانه در رقم گلدشت و در شرایط عدم تنش کم‌آبی به دست آمد. با توجه به نتایج می‌توان اظهار داشت در شرایط تنش ملایم و با پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک می‌توان محصول قابل قبولی در زراعت گلرنگ به دست آورد.

منابع

- آزادبخت، ف.، احمدی، خ. و امید، ح. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی آخر فصل بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رنگیزه‌های فتوسنتزی ژنوتیپ‌های پایه مادری گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی شماره ۸ دوره ۳۲، ص ۷۵-۹۰.
- امیری، ا.، سیروس مهر، ع.ر.، یداللهی، پ.، اصغری پور، م.ر. و اسماعیل‌زاده بهابادی، ص. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسیدسالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ. نشریه به زراعی کشاورزی، جلد ۱۸ شماره ۲، ص ۴۵۳-۴۶۶.
- بالجانی، ر. و شکاری، ف. ۱۳۹۱. اثر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۲ شماره ۱، ص ۸۷-۱۰۳.
- بهدانی، م. و موسوی‌فر، ب. ۱۳۹۰. اثر کم‌آبیاری بر انتقال مجدد و وزن خشک اندام‌های گیاهی سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، جلد ۳ شماره ۳، ص ۲۷۷-۲۸۹.
- پاسبان‌اسلام، ب. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، دوره ۴۲ شماره ۲، ص ۲۷۵-۲۸۳.
- پالیزدار، م.، دلخوش، ب.، شیرانی راد، ا. ح. و نورمحمدی، ق. ۱۳۹۱. بررسی اثر رژیم‌های آبیاری و مقادیر پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران جلد ۲۸ شماره ۴، ص

۶۴۵-۶۲۸

- سالارپور غربا، ف. و فرحبخش، ح. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی و اسید سالیسیلیک بر صفات ظاهری و فیزیولوژیکی گیاه رازیانه. نشریه به زراعی کشاورزی جلد ۱۶ شماره ۳، ص ۷۶۵-۷۷۸.
- شهسواری، م.ر.، یساری، ط. و امیدی، ا.ح. ۱۳۹۱. اثر تاریخ کاشت بر مراحل نمو و بعضی صفات زراعی ارقام بهاره گلرنگ. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۱۰ شماره ۲، ص ۳۹۲-۴۰۰.
- صادقی بختوری، ا.ر.، پاسبان اسلام، ب.، قربی چلکی، س. و محمدی، ح. ۱۳۹۴. اثرات پرایمینگ و تنش کم آبی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. پژوهشنامه گیاهان دانه روغنی ایران جلد ۴ شماره ۲، ص ۷۴-۵۹.
- عباس‌دخت، ح.، افشاری، ح.، اوجی، ا. و طاهری، ش. ۱۳۹۵. اثر پرایمینگ بذر و کاربرد سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان رقم پروگرس. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی دوره ۸ شماره ۲۹، ص ۱۰۵-۱۲۰.
- فتحی‌امیرخیز، ک.، امینی‌دهقی، م. و حشمتی، س. ۱۳۹۴. بررسی اثر کلات آهن بر محتوای کلروفیل، کارایی کوانتومی فتوسیستم II و برخی صفات بیوشیمیایی در گلرنگ در شرایط کم‌آبیاری. مجله تولید گیاهان زراعی دوره ۴۶ شماره ۱، ص ۱۳۷-۱۴۵.
- کافی، م. و رستمی، م. ۱۳۸۶. تاثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ارقام گلرنگ در شرایط آبیاری با آب شور، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۵ شماره ۱، ص ۱۲۱-۱۳۱.
- گل پرور، ا. و قاسمی، ع. ۱۳۹۱. بررسی تجزیه همبستگی و علیت عملکرد دانه و روغن در ارقام گلرنگ بهاره تحت شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی. مجله یافته‌های نوین کشاورزی جلد ۶ شماره ۳، ص ۲۵۵-۲۶۷.
- نعمت‌اللهی، ا.، جعفری، ع. و باقری، ع. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگدانه های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی ارقام زراعی آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*). فصلنامه اکوفیزیولوژی گیاهی، دوره ۵ شماره ۱۲، ص ۳۷-۵۱.

Abraham, S. S., Jaleel, C. A., Chang-Xing, Z., Somasundaram, R., Azooz, M. M., Manivannan P. and Panneerselvam R. 2008. Regulation of growth and metabolism by paclobutrazol and ABA in *Sesamum indicum* L. under drought condition. International Journal of Molecular Sciences, 3: 57-66.

Al-Hakimi, A. M. A. and Hamada, A. M. 2001. Counteraction of salinity stress on wheat plants by grain soaking in ascorbic acid, thiamin or sodium salicylate. *Biologia Plantarum*, 44: 253-261.

Amini, H., Arzani, A. and Bahrami, F. 2013. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress. *International Journal of Plant Production*, 7: 597-614.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis, 16th Edition. AOAC International, Gaithersburg, MD.

Bacelar, E. A., Santaos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Lopes, J. I., Goncalves, B. C. and Ferreira, T. C. 2007. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. *Plant Soil*, 292: 1-12.

Du, L. V. and Tuong, T. P. 2002. Enhancing the performance of dry-seeded rice: effects of seed priming, seedling rate, and time of seedling. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T.P., Lopes, K., Hardy, B. (eds) *Direct seeding: research strategies and opportunities*. International Research Institute, Manila, Philippines, pp 241-256.

Eldahshan, O. A. and Singab, A. B. 2013. Journal of pharmacognosy and phytochemistry carotenoids. [Online]. Available at www.phytojournal.com. *Phyto Journal*, 2(1): 225-234.

Farshidfar, E., Mohammadi, R. and Sutca, J. 2002. Association between field and laboratory predictors of drought tolerance in wheat disomic addition lines. *Acta Agronomica Hungarica*, 50: 377-381.

Gamarnia, H. and Gholamian, M. 2013. The effect of saline shallow ground and surface water under deficit irrigation on (*Carthamus tinctorius* L.) in semi arid condition. *Agricultural Water Management*, 118: 29-37.

García-Valenzuela, X., García-Moya, E., Rascon- Cruz, Q., Herrera-Estrella, L. and Aguado-Santacruz, G. A. 2005. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. *Journal of Plant Physiology*, 162: 650-661.

Gouranga, K., Ashwani, A. and Martha, M. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. *Agricultural Water Management*, 87: 73-82.

Hashempour, A., Ghasemzhad, M., Fotouhi, G. and Sohani, M. M. 2014. The physiological and biochemical response to freezing stress olive plants treated with salicylic acid. *Russian Journal of Plant Physiology*, 61(4): 443-450.

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. *Salicylic acid: a plant hormone*. Springer.

Hopkins, W. G. and Huner, N. P. A. 2008. *Introduction to plant physiology*. Fourth Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA, 503p.

Hu, Y. C., Shao, H. B., Chu, L. Y. and Gang, W. 2006. Relationship between water use efficiency (WUE) and production of different wheat genotypes at soil water deficit. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 53: 271-277.

Jabbari Orange, J. and Ebadi, A. 2012. Responses of phenological and physiological stages of spring safflower to complementary irrigation. *African Journal of Biotechnology*, 11 (10): 2465-2471.

Jamshidi Jam, B., Shekari, F., Azimi, M. R. and Zangani, E. 2012. Effect of priming by salicylic acid on germination and seedling growth of safflower seeds under CaCl_2 stress. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2 (S): 1097-1105.

Janmohammadi, M., Mohammadi, N., Shekari, F., Abbasi, A. and Esmailpour, M. 2017. The effects of silicon and titanium on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) growth under moisture deficit condition. *Acta agriculturae Slovenica*, 109 (2): 443-455.

Khan, M. I., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A. and Khan, N. A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science*, 6: 462. doi: 10.3389/fpls.2015.00462.

Liu, F., Andersen, M. N., Jacobsen, S. and Jensen, Ch. R. 2005. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max* L.) during progressive soil drying. *Environmental Journal of Experimental Botany*, 54: 33-40.

Magomya, A. M., Kubmarawa, D., Ndahi, J. A. and Yebpella, G. G. 2014. Determination of plant proteins via the kjeldahl method and amino Acid analysis: A comparative study. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 3 (4): 68-72.

Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S. A. M., Aghaalikhani, M., Sharifi, M. and Dolatabadian, A. 2011. Chitosan improves osmotic potential tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seedlings. *Journal of Crop Improvement*, 25: 728-741.

Miura, K. and Tada, Y. 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 5:410. doi: 10.3389/fpls.2014.00004.

Mohammadi, L., Shekari, F., Saba, J. and Zangani, E. 2017. Effects of Priming with Salicylic Acid on Safflower Seedlings Photosynthesis and Related Physiological Parameters. *Journal of Plant Physiology and Breeding*. 7 (1): 1-13.

Mohammadkhani, N. and Heidari, R. 2007. Effects of Water Stress on Respiration, Photosynthetic Pigments and Water Content in Two Maize Cultivars. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10 (22): 4022-4028.

Monakhova, O. F. and Chernyadev, I. I. 2002. Protective role of kartolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. *Applied Environmental Microbiology*, 38: 373-380.

Musa, A. M., Harris, D., Johansen, C. and Kumar, J. 2001. Short duration chickpea to replace fallow after aman rice: The role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. *Experimental Agriculture*, 37 (4): 509-521.

Nascimento, W. M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. *Scientia Agricola*, 60 (1): 71-75.

Nickabadi, S., Solemani, A., Dehdashti, S. M., and Yazdanibakhsh, M. 2008. Effect of sowing dates on yield and yield components of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Isfahan Region. *Pakistan Journal of Biological Science*, 11: 1953-1956.

Oraki, H., Parhizkar Khajani, F. and Aghaalikhana, M. 2012. Effect of water deficit stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and grain yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. *African Journal of Biotechnology*, 11 (1): 164-168.

Rashid, A., Hollington, P. A., Harris, D. and Khan, P. 2006. On-farm seed priming for barley on normal, saline and saline-sodic soils in North West frontier province of Pakistan using on-farm seed priming. *European Journal of Agronomy*, 24: 276-281.

Sumanta, N., Imranul Haque, C., Nishika, J. and Suprakash, R. 2014. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Research Journal of Chemical Sciences*, 4 (9): 63-69.

Tiryaki, I., Korkmaz, A., Nas, M. N. and Ozbay, N. 2005. Priming combined with plant growth regulators promotes germination and emergence of dormant *Amaranthus cruentus* L. seeds. *Seed Science Technology*, 33 (3): 571-579.

Yavas, I. and Unay, A. 2016. Effects of zinc and salicylic acid on wheat under drought stress. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 26 (4): 1012-1018.