# بررسی اثر تراکم کاشت و آبیاری تکمیلی بر واکنش رنگیزه‌های گیاهی، آنتی‌اکسیدان‌های کاتالاز و آسکوربات‌پراکسیداز و عملکرد علوفه دو رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

**مریم دلفانی[۱]، علی حاتمی*[۱]، سید سعید پورداد[۲]، زهرا طهماسبی[۱]، فرشید فتاح نیا[۳] و محمدرضا جهانسوز[٤]**

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام،ایلام، [۲] مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، [۳]گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، [٤]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰۵/۰٤، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۲/۱۸)

**چکیده**

**به علت مقاومت بالای گلرنگ به شرایط سخت محیطی، بسیاری از محققان از این گیاه به عنوان یک مدل جهت بررسی و درک مکانیسم‌های دفاعی در مقابل تنش‌های محیطی استفاده می‌نمایند. در این راستا آزمایشی جهت بررسی واکنش رنگیزه‌های گیاهی و آنتی‌اکسیدان‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در تراکم گیاهی علوفه‌ی دو رقم گلرنگ تحت شرایط آبیاری تکمیلی، در مزرعه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال ۹۵-۱۳۹٤ اجرا شد. آزمایش در قالب طرح اسپلیت- فاکتوریل انجام شد که تیمارهای مورد نظر شامل، عامل اصلی آبیاری در دو سطح (آبیاری تکمیلی و دیم) و عامل‌های فرعی شامل، تراکم در پنج سطح (۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰ و ٦۰ کیلوگرم در هکتار) و دو رقم (گلدشت و فرامان) با سه تکرار اجرا گردید. نتایج ارزیابی این صفات نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل، a و b به ترتیب با میانگینی معادل با ۱۲/۰۱، ۹/٤٤ و ۲/۵٦ میگروگرم بر میلی‌لیتر در تیمار آبیاری تکمیلی بود و کاروتنوئید تحت تأثیر هیچ یک از تیمارها قرار نگرفت. تیمار اصلی تراکم ٤۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۳۹/۸۹ میکرومول بر گرم وزن تر بیشترین میزان آنتوسیانین را سبب شد، همچنین تیمار اصلی رقم فرامان (۳۷/۲۱ میکرومول برگرم وزن تر) نسبت به رقم گلدشت (۳۵/٤۲ میکرومول بر گرم وزن تر) کارآیی بهتری از نظر آنتوسیانین داشت. بیشترین میزان فلاونویید در تراکم ۵۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۵/۰۸٪ حاصل گردید. آنزیم کاتالاز در تیمار دیم (۰/۰۰۵٪) کارآیی بهتری نشان داد. علاوه بر این تراکم ۵۰ و ٦۰ (کیلوگرم در هکتار) نیز به ترتیب با میانگین معادل با ۰/۰۰۵ و ۰/۰۷٪ در هر دو آنتی‌اکسیدان کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز سبب برتری نهایی گردیدند. در نهایت تیمار آبیاری تکمیلی سبب افزایش رنگیزه‌های گیاهی شد و افزایش تراکم گیاهی در افزایش فعالیت هر دو آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیر آنزیمی مؤثر بود به نحویکه سبب بهبود سازگاری و تحمل به خشکی و افزایش عملکرد در مناطق نیمه خشک (منطقه‌ی انجام آزمایش) گردید.**

**کلمات کلیدی: آسکوربات پراکسیداز، رنگیزه‌ها، کاتالاز، گلرنگ**

**مقدمه**

کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد، متوسط بارش سالیانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر (کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان) می‌باشد (جلیلیان و همکاران، ۱۳۹۵). آبیاری تکمیلی باعث صرفه جویی در مصرف آب خواهد شد. روش آبیاری تکمیلی براساس میزان بارش، ذخیره

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: hatamiali55@yahoo.com

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

آب در خاک و نیاز گیاهی در دوره‌های مختلف رشد در نظر گرفته خواهد شد. میزان آبیاری تکمیلی براساس مقدار رطوبت نسبی واقعی قبل از آبیاری و رطوبت نسبی خاک در لایه‌ی عمیق ۱٤۰-۰ سانتی‌متری محاسبه می‌شود که از اتلاف منابع آبی جلوگیری شود (Meng *et al.*, 2107). آبیاری تکمیلی یعنی کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی و وقوع تنش کمبود آب است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش ثبات عملکرد تأمین گردد، سیستم آبیاری تکمیلی معمولاً در مناطقی با ۳۰۰ تا ٦۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه استفاده می‌شود. مقدار و زمان آبیاری تکمیلی باید به نحوی صورت گیرد که با کمترین مقدار آب قابل دسترس، عملکرد بهینه و مطلوب حاصل گردد (مظلومی‌میمندی و همکاران، ۱۳۹۵). برای کاهش تنش آبی می‌توان از گونه‌ها یا ارقام متحمل و یا ارقام محلی با عملکرد ضعیف استفاده نمود (Tsoata *et al.*, 2017).

افزایش میزان تراکم گیاهی تا حدودی می‌تواند سبب افزایش عملکرد محصول در واحد سطح گردد، در این شرایط توانایی گیاه جهت جذب تشعشات فتوسنتزی بیشتر خواهد شد و رشد و نمو گیاه سریع‌تر و گسترده‌تر خواهد شد. در ابتدای فصل رشد میزان رقابت بین گیاهان مجاور محدود می‌باشد اما با بزرگ‌تر شدن اندازه‌ی بوته‌ها و محدود شدن منابع، فشار ناشی از تراکم افزایش می‌یابد. توزیع فضایی گیاهان در یک جامعه زراعی با جذب تشعشع در ارتباط است و این صفت نقش تعیین کننده‌ای در ظرفیت فتوسنتزی و عملکرد دارد، زیرا سرعت رشد محصول تابعی از انرژی تشعشعی مورد استفاده در فتوسنتز می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۹٦). در ارتباط با کشت گیاهان علوفه‌ای، تراکم مناسب از مهم‌ترین عوامل جهت تولید موفقیت‌آمیز محصول محسوب می‌گردد. تعیین تراکم مناسب کشت می‌تواند ضمن بهره‌برداری مناسب از منابع محیطی، کمیت و کیفیت علوفه تولیدی را تحت تأثیر قرار دهد. تغییر در تراکم کشت می‌تواند بر صفاتی همانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، پربرگی و یا نسبت برگ به ساقه، بر عملکرد کیفی علوفه تأثیرگذار باشد. تراکم قابل توصیه جهت کشت گیاهان علوفه‌ای، تراکمی است که در آن ضمن کاهش رقابت، حداکثر میزان علوفه با کیفیت مطلوب حاصل شود. تراکم و یا میزان بذر مصرفی جهت کشت گیاهان علوفه‌ای اساساً به روش کشت، شرایط اقلیمی منطقه مورد نظر، خصوصیات و حاصلخیزی خاک، نوع رقم و زمان کشت گیاه بستگی دارد (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹٤).

در سال‌های اخیر تقاضای بشر برای محصولات دامی افزایش یافته است، از طرفی با توجه به افزایش جمعیت جهان و کاهش توانایی مراتع برای تأمین نیاز غذایی دام‌ها مشکل ساز شده است (Miri *et al.*, 2016). با توجه به خشکسالی‌های اخیر به نظر می‌رسد که تلاش در جهت معرفی گیاهان و ارقام جدید علوفه‌ای می‌تواند در جهت تأمین بخشی از نیاز علوفه‌ای کشور مؤثر باشد (پورداد و خمیس‌آبادی، ۱۳۹٤). گیاهان علوفه‌ای و مراتع یکی از منابع اصلی انرژی و پروتئین برای دام‌ها به شمار می‌روند. اگر علوفه دارای کیفیت مناسب باشد می‌تواند بخش عمده نیاز دام‌ها به مواد مغذی را تأمین نماید (یوسفی نژاد، ۱۳۹٤). در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳، سطح برداشت حدود ۱/۰۸ میلیون هکتار معادل با ۹/٤٦ درصد از محصولات زراعی کشور متعلق به نباتات علوفه‌ای بوده که از این مقدار اراضی آبی ۸۸/۷۳ درصد و اراضی دیم ۱۱/۲۷ درصد است. سطح زیر کشت گلرنگ در کشور حدود ۲/۲۵۷ هزار هکتار برآورد شد که معادل با ۰/۰۱۹ درصد از کل سطح برداشت محصولات زراعی و ۰/۵۲ درصد از کل سطح برداشت محصولات صنعتی می‌باشد و ۹٤/۲٤ درصد آن اراضی با کشت آبی و ۵/۷٦ درصد بقیه به صورت اراضی کشت دیم می‌باشد. استان‌های اصفهان، فارس، کرمان و سیستان و بلوچستان به ترتیب مقام‌های اول تا چهارم را به خود اختصاص داده‌اند، چهار استان مذبور جمعاً ۸۸/٦٦ درصد گلرنگ سطح کشور را داشته‌اند و استان قم با دارا بودن سطح ۲ هکتار گلرنگ کمترین سطح را در کشور به خود اختصاص داده است (آمار نامه، ۱۳۹۵). رقم جدید گلدشت حاصل انتخاب تک بوته از توده محلی گلرنگ آذربایجان شرقی با استفاده از روش سلکسیون لاین‌های خالص است. تأکید بر

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

زود رسی ، تعداد و اندازه غوزه و عدم وجود خار اولین گام در راه اصلاح این رقم با انتخاب تک بوته از توده محلی مذکور بوده است. علائمی از بیماری‌های مهم گلرنگ نظیر لکه برگی، سفیدک سطحی و بوته میری در مزارع تحقیقاتی و ازدیادی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و ایستگاه‌های تابعه و مزارع زارعین کشورمشاهده نشده است. از مهم‌ترین ویژگی‌های ممتاز این لاین صفت زودرسی آن (۲۵-۲۰ روز زودرس‌تر از رقم شاهد محلی اصفهان) است که رها سازی سریع تر زمین زراعی و کشت سایر محصولات زراعی را امکان پذیر می‌نماید. این رقم در سال ۱۳۸۷ معرفی گردیده است. لاین ٤١١ که با نام فرامان معرفی گردید در بین سایر ژنوتیپ‌های تحت بررسی در مناطق معتدل سرد کرمانشاه، ایلام، لرستان و شیروان (خراسان شمالی) دارای عملکرد مناسب بوده و از نظر بیماری زنگ نیز در شرایط گیاهچه ای و در گلخانه مقاوم و در شرایط مزرعه نیز متحمل بود. همچنین وضعیت عملکرد دانه و روغن این لاین در شرایط آبی نیز نشان داد که این رقم علی‌رغم تحمل به خشکی بالا و پتانسیل مناسب در شرایط دیم در شرایط آبیاری تکمیلی و نیز در سال‌های پر باران نیز قادر به بروز پتانسیل خود بوده و می‌تواند تمامی ژنوتیپ‌های پیشرفته را از نظر عملکرد دانه و روغن پشت سر بگذارد. نکته مهم در مورد رقم فرامان این است که چون ژنوتیپی بی‌خار و با گل‌های قرمز رنگ است به همین دلیل برداشت دستی آن برای مناطقی که در زمان برداشت کمباین در دست رس نیست امکان پذیر می‌باشد. شایان ذکر است که برداشت گلرنگ حدود یک ماه بعد از برداشت گندم صورت می‌گیرد و به همین دلیل برداشت ماشینی گلرنگ به علت مهاجرت کمباین‌ها دشوار بوده و این موضوع یکی از عوامل محدود کننده توسعه کشت گلرنگ در کشور ما بوده است. همچنین به علت وجود گلچه‌های قرمز و بی خار بودن امکان برداشت دستی گلچه‌ها نیز وجود دارد. این امر موجب ایجاد درآمد اضافی برای کشاورزان خواهد شد. مضافاً رقم فرامان بسیار دانه درشت بوده که از نظر عملیات بوجاری (جدا کردن بذور گلرنگ از بذر گندم) و نیز بازار پسندی یک مزیت محسوب می‌گردد (علی‌نقی‌پور، ۱۳۹۳).

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی یک‌ساله، متعلق به خانواده‌ی کمپوزیته است. اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در دانه‌های آن باعث شده به عنوان یک گیاه اقتصادی در سطح جهان مطرح باشد (Villa *et al.*, 2017). جنبه‌ی دارویی گلرنگ برای انسان عمدتاً در درمان خونریزی، سندروم، دردهای بعد از زایمان و آسیب و درد مفاصل استفاده می‌گردد (Xia *et al.*, 2017). گلرنگ گیاهی است که نسبت به تنش شوری و خشکی مقاوم هست. گلرنگ به عنوان گیاهی جهت تغذیه به عنوان مرتع، علوفه، دانه و روغن استفاده می‌شود. کنجاله گلرنگ یک محصول جانبی از صنعت گلرنگ می‌باشد که به عنوان پروتئین برای تغذیه حیوانات استفاده می‌شود (Ragni *et al.*, 2015). در بررسی صورت گرفت در مورد علوفه‌ی گلرنگ مشاهده شد که این گیاه یک محصول روغنی جایگزین سویا است که می تواند به عنوان خوراک دام در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده گردد (Ozek, 2017). در مناطق خشک و نیمه خشک که محدودیت منابع آب وجود دارد، گلرنگ گیاه علوفه‌ای مناسبی می‌تواند باشد. هم‌چنین می‌تواند در خاک‌هایی که حاصلخیزی و دمای پایینی دارند، رشد موفقیت‌آمیزی داشته باشد (Mirshekari *et al.*,2012). در طی بررسی علوفه‌ی گلرنگ بیان شد که این گیاه یک محصول روغنی جایگزین سویا است که می‌تواند به عنوان خوراک دام در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده گردد. محتوای مواد مغذی گلرنگ بسته به نوع خاک و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. دانه‌ی گلرنگ به عنوان خوراک دام و طیور و علوفه در تغذیه نشخوارکنندگان استفاده گردید. هم‌چنین تغذیه گوسفندهای پرواری با علوفه‌ی گلرنگ سبب موفقیت در افزایش باروری آنها و در گوساله‌ها، تحمل به سرما را افزایش می‌دهد. گلرنگ به صورت چرا، انبار و سیلو برای دام قابل استفاده می‌باشد. علوفه‌ی گلرنگ خوش خوراک و ارزش غذایی و عملکرد آن شبیه یا بهتر از یولاف است. قابلیت جذب و هضم علوفه‌ی سبز شبیه به مخلوط ماشک-یولاف دارد (Emongor, 2010). برداشت گلرنگ در مرحله‌ی غنچه‌دهی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

برای سیلو قابل استفاده خواهد بود و بر روی فراورده‌های لبنی آنها تأثیری نداشت. سیلوی علوفه‌ی گلرنگ به عنوان جایگزین سیلوی غلات در رژیم‌های غذایی گاو و گوسفند قابل استفاده است (Cazzato *et al.*, 2011).

کلروفیل مهم‌ترین رنگدانه‌های جذب کننده نور در غشاهای تیلاکوئیدی می‌باشند. علاوه بر کلروفیل‌ها، گیرنده‌های مکمل نوری دیگری به نام کاروتنوئیدها وجود دارد که پلی‌هیدروکربن‌های اشباع نشده‌ای می‌باشند که ۲ تا ٤ درصد وزن خشک کلروپلاست را تشکیل داده و قادر به جذب نور در طول موجی هستند که توسط کلروفیل‌ها جذب نمی‌شوند (نعمت‌اللهی و همکاران، ۱۳۹۲). غلظت کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم جهت حفظ ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد. در شرایط تنش حفظ غلظت کلروفیل به ثبات فتوسنتزی کمک خواهد نمود. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی به عنوان یک عامل محدود کننده غیر روزنه‌ای به شمار می‌رود. کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی ممکن است به علت تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و هم‌چنین اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز و رنگدانه‌های فتوسنتزی صورت گیرد (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۵).

ترکیبات فنولی گروهی از متابولیت‌های ثانویه شامل فلاوونوئیدها، تانن‌ها، هیدروکسی سینامیک استرها و لیگنین هستند که در بافت‌های گیاهی به وفور یافت می‌شوند. این ترکیبات علاوه بر جذب اشعه ماوراء بنفش در اپیدرم گیاهان، دارای عملکرد آنتی‌اکسیدانی نیز هستند (کبیری، ۱۳۹۰). ترکیبات فنلی از جمله فلاونوییدها دسته‌ای از ترکیبات فتوشیمیایی هستند که انتشار وسیعی در گیاهان دارند و فعالیت بیولوژیکی متنوع این ترکیبات از جمله فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد التهاب و گشاد کنندگی عروق آنها گزارش شده است. در تمام گیاهان، فعالیت آنتی‌اکسیدانی با میزان فنل رابطه مستقیم دارد (Jamshidi *et al.*, 2010).

آنتوسیانین یکی از مهم‌ترین رنگدانه‌های گیاهی است که مشاهده‌ی آن برای انسان بسیار قابل وضوح است. آنتوسیانی متعلق به یک گروه گسترده‌تر و وسیع ترکیبات فنلی به نام فلاونوییدها می‌باشد. آنها گلیکوزیدهای پلی‌هیدروکسی و پلی‌میتوکسی مشتق شده از ۲- فنل بنزوپیریدیلیوم یا نمک‌های فلاویلیوم هستند. آنتوسیانین با یک یا تعداد بیشتری قند اشباع شده‌اند. جایگاه قندهای اشباع بر روی کربن ۳ یا ۵ یا هر دو کربن ۳ و ۵ است. تفاوت آنتوسیانین‌ها مربوط به تعداد گروه‌های هیدروکسی، طبیعت و تعداد آن است. هم گروه هیدروکسیل و هم قندها، حلالیت فلاونوییدها را در آب افزایش می‌دهند (Kong *et al.*, 2003). رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب نابودی DNA، پراکسیداسیون چربی‌ها، تخریب پروتئین‌های غشایی و ماکروپروتئین‌ها در سلول از جمله رنگریزه‌های کلروفیل و آنزیم‌ها می‌شوند. آنتوسیانین موجود در گیاه به عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند و گیاهان را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کند (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

گیاهان از لحاظ مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دارای مکانیزم‌های وسیعی جهت تحمل به خشکی هستند. از جمله فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهی مانند فعالیت‌های آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی، غیر آنزیمی، تجمع و انباشتگی اسید آبسیزیک می‌باشد که سرعت و شدت آنها بستگی به زمان وقوع تنش خشکی و شدت آن دارد. تنش خشکی به صورت مستقیم باعث آسیب به سلول‌ها می‌گردد و به صورت غیر مستقیم باعث تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. در شرایط تنش‌های اکسیداتیو، اسید آبسیزیک باعث بیان ژن‌ها گردیده که این ژن‌ها باعث رمزگذاری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش آنها (سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز) می‌شود (Ghanaatiyan and Sadeghi, 2017). سیستم دفاعی در مقابل اکسیژن‌های فعال به طور عمده شامل ترکیبات آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی (آسکوربیک، گلوتاتیون) و مکانیسم‌های دفاعی آنزیمی (سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز) است (Namdjoyan *et al.*, 2017).

پیشرفت ژنتیکی برای تحمل به تنش در گیاهان زراعی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

نیازمند شناسایی مکانیسم‌های فیزیولوژیک متناسب با تحمل به تنش است. تحمل به خشکی نتیجه چندین خصوصیت گیاهی است که شامل صفات فیزیولوژیک و به همان اندازه مورفولوژیک و صفات فنولوژیک است بنابراین انتخاب، تنها بر اساس یک مکانیسم تحمل به خشکی برای بهبود عملکرد مناسب نخواهد بود. اعتقاد بر این است که گیاهان به ندرت تنها از طریق یک صفت فیزیولوژیک یا مرفولوژیک واکنش تحمل را نشان می‌دهند و معمولاً همزمان چند فرآیند در این واکنش وارد عمل می‌شوند. گلرنگ گیاهی است که سازگار به شرایط تنش خشکی بوده و می‌تواند شرایط تنش را تحمل کند. با توجه به اهمیت داوریی، غذایی و چند منظوره بودن آن، بررسی اثر تراکم کاشت و آبیاری تکمیلی بر واکنش رنگیزه‌های گیاهی، آنتی‌اکسیدان‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز و عملکرد علوفه دو رقم گلرنگ حائز اهمیت است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهمن ماه سال ۱۳۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام با مشخصات طول جغرافیایی منطقه مورد آزمایش ٤٦ درجه و ۲۸ دقیقه؛ عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه؛ ارتفاع از سطح دریا ۱۱۷٤ متر اجرا شد. طرح در قالب اسپلیت پلات فاکتوریل که تیمارهای مورد نظر شامل، عامل اصلی آبیاری در دو سطح (آبیاری تکمیلی و دیم) و عامل‌های فرعی شامل، تراکم در پنج سطح (۲۰، ۳۰، ٤۰، ۵۰ و ٦۰ کیلوگرم در هکتار که به ترتیب معادل با ٤۰، ٦۰، ۷۹، ۹۹ و ۱۱۹ بوته در مترمربع می‌باشد) و دو رقم (گلدشت و فرامان) با فاصله ردیف ثابت ٤۰ سانتی‌متر در سه تکرار که در آن هر کرت شامل ۵ ردیف به طول ٤ متر لحاظ شد. دو ردیف کناری به عنوان حاشیه و ۳ ردیف وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد. اطلاعات مربوط به هواشناسی در سال زراعی مربوطه در جدول ۱ و در دراز مدت در جدول ۲ اشاره شده است.

براساس نتایج فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ٦۰ سانتی‌متر (جدول ۳) محل آزمایش به میزان ۱۰۰ (کیلوگرم در هکتار) اوره، ۱۰۰ (کیلوگرم در هکتار) سوپرفسفات تریپل و ۵۰ (کیلوگرم در هکتار) سولفات پتاسیم در زمان اجرای عملیات تهیه بستر بذر استفاده گردید.

طی دوران داشت، ٤ بار وجین کامل علف‌های هرز به صورت دستی انجام گردید نمونه برداری پس از پایان یافتن آخرین بارندگی تا قبل از گلدهی صورت گرفته است. برای اعمال آبیاری تکمیلی پس از پایان یافتن بارندگی‌ها (ساقه‌دهی وتکمه دهی) با محاسبه‌ی ظرفیت زراعی مزرعه و نقطه‌ی پژمردگی دائم و جایگزینی اعداد در رابطه‌ی مربوطه (۱) میزان حجم آب مورد نیاز برای آبیاری محاسبه گردید (Bucks *et al.*, 1982). هم‌چنین برای تعیین دور آبیاری از طریق محاسبه‌ی نیاز آبی گیاه و رابطه‌های (۲، ۳ و ٤) استفاده گردید (جدول ٤) (Allen *et al.*, 1998). آبیاری با شیلنگ و کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۰۱ مترمکعب صورت گرفت. در مجموع تا قبل از گلدهی در تیمارهای لازم، دو مرتبه آبیاری تکمیلی اجرا گردید.

$$Vw = \frac{(Fc - PWP) \times BD \times A \times D \times MAD}{Ea} \quad (1)$$

$$ET_0 = KP \times ETP \quad (2)$$

$$ETC_0 = KC \times ET_0 \quad (3)$$

$$\text{دور آبیاری} = \frac{(\theta Fc - \theta PWP) \times D \times MAD \times BD}{ETc_0} \quad (4)$$

Vw= حجم آب آبیاری (مترمکعب)

FC = درصد وزنی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه

PWP = درصد وزنی رطوبت خاک در حالت پژمردگی دائم

BD = وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه (گرم بر سانتی‌مترمکعب)

A = مساحت کرت اصلی آزمایش (مترمربع)

D = عمق ریشه (متر)

Ea = راندمان آب آبیاری که حددو۸۵ درصد در نظر گرفته شد.

ET0 =تبخیر و تعرق گیاه مرجع

KP= ضریب تشک A

ETP = میزان تبخیر روزانه از تشک

ETC0 = تبخیر و تعرق محصول

KC = ضریب گیاهی گلرنگ براساس فائو (۱/۵)

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

**جدول ۱-آمار هواشناسی در طول مدت اجرای طرح در سال ۹۵-۹٤ (اداره کل هواشناسی استان ایلام)**

| ماه‌های سال ۹٤-۹۵ | میزان تبخیر (میلی‌متر) | بارندگی (میلی‌متر) | میانگین رطوبت نسبی (درصد) | میانگین درجه حرارت حداقل (درجه سانتی‌گراد) | میانگین درجه حرارت حداکثر (درجه سانتی‌گراد) |
|---|---|---|---|---|---|
| بهمن | ۰ | ٦۱/۹ | ٦۲ | ۰/٦ | ۱۱/۸ |
| اسفند | ۰ | ٥٤/۹ | ٥۷ | ٥/۷ | ۱٦/۹ |
| فروردین | ۸۱/۳ | ۱٥٦/۱ | ٥۹ | ٦/۲ | ۱۷/۸ |
| اردیبهشت | ۲۰۳/۲ | ۳۰/٦ | ٤٦ | ۱۳/۲ | ۲٦/۸ |
| خرداد | ۲۹۲ | ۰ | ۲٦ | ۱٥/٥ | ۳۱/۲ |
| تیر | ۳۹۲/۷ | ۰ | ۱۸ | ۲۱/٤ | ۳۸/۱ |

**جدول ۲- آمار هواشناسی در دراز مدت (اداره کل هواشناسی استان ایلام)**

| سال | میانگین تبخیر سالانه (میلی‌متر) | بارندگی سالانه (میلی‌متر) | میانگین رطوبت نسبی سالانه (درصد) | میانگین حداقل دمای سالانه (درجه‌سانتی‌گراد) | میانگین حداکثر دمای سالانه (درجه‌سانتی‌گراد) |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۷۰ | – | ٦۹۰ | ٤۰ | ۱۰/۹ | ۲۰/۷ |
| ۱۳۷۱ | – | ٦۹۰ | ٤۰ | ۱۰/٦ | ۲۰/٤ |
| ۱۳۷۲ | ۱٥٥٤/۹ | ٦۳۳/٥ | ٤۰ | ۱۰/۹ | ۲۱/۸ |
| ۱۳۷۳ | ۱۸۳۸/۸ | ۷٤۲ | ۳۹ | ۱۰/٦ | ۲۱/٦ |
| ۱۳۷٤ | ۲۰۰۷/۷ | ۸٥۰/۸ | ٤۰ | ۱۲ | ۲۱/٦ |
| ۱۳۷٥ | ۲۰۱۳/۹ | ٥٤۹/۳ | ٤۲ | ۱۲/۱ | ۲۱/۹ |
| ۱۳۷٦ | ۲۰۸۳/٥ | ٥۷۸/۳ | ٤۰ | ۱۱/۳ | ۲۱/۱ |
| ۱۳۷۷ | ۱٦٤٦/۳ | ۷۲٥/۷ | ٤٥ | ۱۳/۲ | ۲۳/۹ |
| ۱۳۷۸ | ۱۸۷۷/۱ | ٤۷۳/۳ | ۳٥ | ۱۲/۲ | ۲۳ |
| ۱۳۷۹ | ۲۱٤٥/۱ | ۳۰٥/۲ | ۳٤ | ۱۲ | ۲۳/۲ |
| ۱۳۸۰ | ۲۱٤٥/۳ | ٥٤٥/۲ | ۳۸ | ۱۲/٥ | ۲۳/٥ |
| ۱۳۸۱ | ۱۹۳٤/٥ | ٥۹۷/۷ | ۳۸ | ۱۱/٦ | ۲۲/۱ |
| ۱۳۸۲ | – | ٦۰٥/۹ | ٤۱ | ۱۰/۳ | ۲۳ |
| ۱۳۸۳ | ۲۲٥۲/٤ | ٦۲۳/۱ | ٤۱ | ۹/٥ | ۲۲/٥ |
| ۱۳۸٤ | ۲۱۲٦/۸ | ٦٥٦/۹ | ٤۳ | ۱۰/۱ | ۲۳/۳ |
| ۱۳۸٥ | ۲۰۷۷/٦ | ٦۰۰/۹ | ٤۱ | ۹/٦ | ۲۲/٦ |
| ۱۳۸٦ | ۱۹۰۲/۱ | ٥٥٥ | ٤۷ | ۹/٥ | ۲۳/۱ |
| ۱۳۸۷ | ۱۸۸٤/٤ | ۳۳۳/٦ | ٤۲ | ۱۰/۲ | ۲۳/۹ |
| ۱۳۸۸ | ۲۳۳۹/۲ | ۲٦۰/٥ | ٤۰ | ۱۰/٤ | ۲۳/۱ |
| ۱۳۸۹ | ۲۰٦۳ | ٤۷٦/٥ | ۳٥ | ۱۰/٥ | ۲٤/۳ |
| ۱۳۹۰ | ۲۰٦۹ | ٤۷۲/٥ | ٤۰ | ۹ | ۲۲/٦ |
| ۱۳۹۱ | ۲۰۳۳/۳ | ۳٦۱/٤ | ٤۰ | ۱۰/۸ | ۲٤/۱ |
| ۱۳۹۲ | ۲۰۰۷/۷ | ٤٥٤/۷ | ٤۱ | ۹/۷ | ۲۳/۲ |
| ۱۳۹۳ | ۱۷٤۱/۳ | ٦٦۳/۸ | ٤٥ | ۱۰/٤ | ۲٤/۱ |
| ۱۳۹٤ | ۲۰٤۸/٤ | ۸٤۳/۹ | ٤۱ | ۱۱/۱ | ۲٤/٥ |

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

**جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق صفر تا ٦٠ سانتی‌متر)**

| شوری ($dS.m^{-1}$) | pH اسیدتیه | کربن آلی٪ | رس٪ | لای٪ | شن٪ | بافت | نیتروژن٪ | فسفر٪ | پتاسیم mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۲٦ | ۷/۳۹ | ۱/۷٤ | ۲۷ | ۵۸ | ۱۵ | سیلتی-لومی | ۰/۱ | ٤/۹٤ | ۳۵٦/۲٦ |

**جدول ٤- پارامترهای استفاده شده در فرمول‌های ذکر شده**

| پارامتر | Fc | PWP | BD | A | D | Ea | Kp | Kc | ETp | MAD | Vw |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقادیر | ۰/۲۸ | ۰/۰۹ | ۱/۳۲ | ۸ | ۰/۳ | ۰/۸۵ | ۰/۷ | ۰۵/۹۵-۱/ | ۹/۲ | ۵۰±۵ | ۹ (مترمکعب) |

**شیوه‌ی نمونه‌برداری و ارزیابی صفات:** نمونه‌های گلرنگ پس از برداشت در مرحله‌ی قبل از گلدهی (١٣٦ روز پس از کاشت) در سایه و در معرض هوای آزاد خشک گردیدند و سپس جهت سایر عملیات به آزمایشگاه منتقل شدند.

**رنگیزه‌های فتوسنتزی:** برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) استفاده شد.

**فلاوونوئید:** اندازه‌گیری فلاونوییدها به روش اسپکتروفتومتری با استفاده‌از روش Krizek و همکاران (۱۹۹۸) انجام گرفت.

**آنتوسیانین:** اندازه‌گیری آنتوسیانین بر اساس روش Wanger (۱۹۷۹) بود.

**کاتالاز (CAT)(EC 1.11.1.6):** سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش (Beers and Sizer, 1952) صورت گرفت

**اسکوربات‌پراکسیداز:** سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از روش (Nakano and Asado, 1981) استفاده شد.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در محیط نرم افزار SAS ( Version 9.1) و نمودارها در محیط نرم افزار Excel رسم گردید.

## نتایج و بحث

**عملکرد علوفه‌ی خشک:** تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری عملکرد علوفه‌ی خشک نشان داد اثر اصلی آبیاری ($P<$۰/۰۵)، تراکم ($P<$۰/۰۱) و اثر متقابل تراکم × رقم ($P<$۰/۰۵) معنی‌دار شد (جدول ۵). در شکل ۱ مشاهده می‌گردد که در شرایطی که آبیاری تکمیلی صورت بگیرد، میزان تولید عملکرد علوفه‌ی خشک نسبت به شرایط دیم در حدود ۸/۷ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری دارد. در شرایط مناسب رطوبتی میزان توسعه و گسترش اندام‌های هوایی بخصوص بافت‌های فتوسنتز کننده بهتر و بیشتر و فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی و کلروفیل‌سازی نیز افزایش یافت که در نهایت منجر به افزایش میزان عملکرد ماده‌ی خشک گردید.

آبیاری تکمیلی نه تنها باعث افزایش عملکرد می‌شود بلکه باعث افزایش بهره‌وری از آب نیز می‌گردد. زمانی‌که هم‌زمان از آب آبیاری و آب باران استفاده شود، بهره‌وری آب بهبود می‌یابد (Oweis *et al.*, 2000). زمانی که آب قابل دسترس برای گیاه گلرنگ کاهش یافت، عملکرد بیوماس کاهش پیدا کرد. کاهش کمبود آب و تنش خشکی بر روی مدت زمان هر مرحله نموی در گلرنگ مؤثر است. تنش خشکی سبب گلدهی زودتر، رسیدگی سریع‌تر و کاهش عملکرد در گلرنگ می‌گردد (Naderi *et al.*, 2004). نتایج آزمایش تأثیر کمبود آب بر چهار رقم گلرنگ (فرامان، گلدشت، سینا و صفه) نشان داده شد که رقم فرامان بیشترین وزن هزار دانه و کل وزن بوته در گیاه را به خود اختصاص داده بود (Mohammadi *et al.*, 2015).

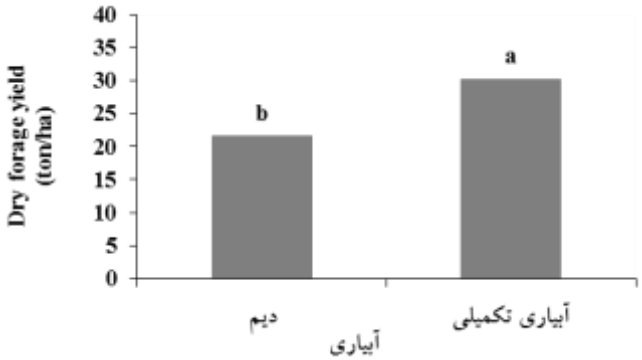
بالاترین میزان علوفه‌ی خشک از ترکیب تیماری تراکم ٦٠ (کیلوگرم در هکتار) × رقم فرامان با میانگینی معادل با ٣٤/٢ تن در هکتار و کم‌ترین میزان تولید علوفه‌ی خشک از ترکیب تیماری تراکم ۲۰ (کیلوگرم در هکتار) × رقم فرامان با میانگینی معادل با ۱۵/۳ تن در هکتار حاصل گردید ( شکل ۲). به نظر می‌رسد شرایط محیطی، رشدی و مدیریتی برای تراکم‌های

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

**جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی رنگیره‌های فتوسنتزی و آنتی‌اکسیدان‌های تحت بررسی در تیمارهای تراکم کاشت و آبیاری تکمیلی در دو رقم گلرنگ**

| منابع تغییر | درجه آزادی | عملکرد علوفه‌ی خشک | کلروفیل کل | کلروفیل a | کلروفیل b | کاروتنوئید | آنتوسیانین | فلاونویید ۳۰۰ | کاتالاز | اسکوربات پراکسیداز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تکرار | ۲ | ۳۳/۲۳۷ | ۱۳/٤٤ | ۸/۸۵ | ۰/٤۸۰٦ | ۱/۱٤۸ | ۳/۹٦ | ۰/۳۸۸۱ | ۰/۰۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۲ |
| آبیاری | ۱ | ۱۱۳۸/۸۳* | ۵۰/۷۱* | ۲۹/۸۲* | ۲/۷۵۲** | ۰/۷۲۳۸ns | ۱۸۹/٦۰ | ۳/۵۱ns | ۰/۰۰۰۷** | ۰/۰۰٤٤ns |
| تکرار×آبیاری | ۲ | ۳۷/٦۱۱ | ۰/٦۳۳۵ | ۰/٦۹٦۵ | ۰/۰۰۷٦ | ۰/۳۷۲٤ | ۱٦/۳۸ | ۰/۳۰٦٦ | ۰/۰۰۰۰۰٦ | ۰/۰۰۰۳ |
| تراکم | ٤ | ٦٦٦/۸۲** | ۱/۸۳۷ns | ۱/۰۷۸ns | ۰/۰۹۹۷ns | ۰/۰۵۷۹ns | ۱۰۹/۹۰** | ۱/٤٤۷** | ۰/۰۰۹** | ۰/۰۰٦۳** |
| رقم | ۱ | ۰/٤۸٦۰۰ | ٤/۵۰٤ns | ۲/۵۳۷ns | ۰/۲۷۸۸ns | ۰/۰۱۲٦ns | ٤۷/۸۸** | ۰/۵۵٦۸ns | ۰/۰۰۰۰۰۰٦ns | ۰/۰۰۰۱ns |
| آبیاری×تراکم | ٤ | ۵۲/۹۵٤ | ۰/۷۳۸۲ns | ۰/٤۱۱٦ns | ۰/۰٦۲۹ns | ۰/۰۹۸۷ns | ۱/۰۳ns | ۰/۲۰۵۹ns | ۰/۰۰۰۰۲ns | ۰/۰۰۰۰٤ns |
| آبیاری×رقم | ۱ | ۱۲/٦۹٦ | ۰/٦۲۰۱ns | ۰/۳٦۱۹ns | ۰/۰۳٦۰ns | ۰/۰۰۷۰ns | ۳/۸۳ns | ۰/۰۹۷٦ns | ۰/۰۰۰۰۰۰٦ns | ۰/۰۰۰۱ns |
| تراکم×رقم | ٤ | ۵۸/۹۱۵* | ۵/۳۰۷ns | ۳/۲٦۳ns | ۰/۲۵٦۸ns | ۰/٤۸۷۲ns | ۵/۰۵ns | ۰/۱۱۳٤ns | ۰/۰۰۰۰۰۳ns | ۰/۰۰۰۱ns |
| آبیاری×تراکم×رقم | ٤ | ۳۵/۰۷۸ | ۳/۹۷٦ns | ۲/۳۸۰ns | ۰/۲۲٤۳ns | ۰/٤۵۰۰ns | ۲/٦۹ns | ۰/۱۰۹۷ns | ۰/۰۰۰۰۰۲ns | ۰/۰۰۰۰۲ns |
| خطای کل | ۳ | ۲۰/٤۱۹ | ۳/۲۵۳ | ۲/۰٦۲ | ۰/۱٤۷۹ | ۰/۲۱۱۱ | ۸۹/۷۹ | ۰/۱۳۷۳ | ۰/۰۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱ |
| ضریب تغییرات | | ۱۷/٤٦ | ۱٦/۲٦ | ۱٦/٤۲ | ۱٦/۳۹ | ۱۵/٦۹ | ٤/۳٤ | ۷/۸۷ | ۳٤/۷۵ | ۲٤/۰۷ |

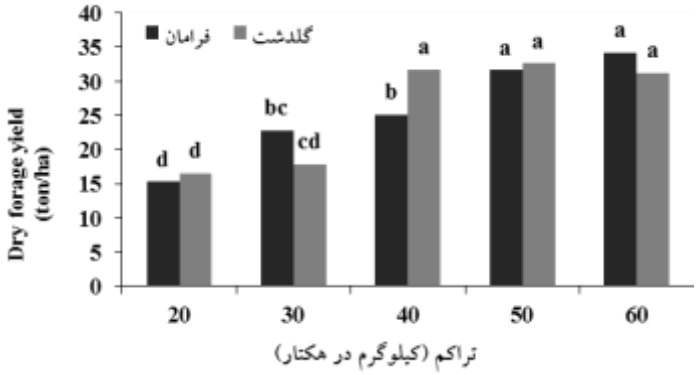
**ns، *و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌دار نشدن و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد**




**شکل ۱- مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری در رابطه با عملکرد علوفه‌ی خشک. حروف غیر مشابه بیان‌گر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα=5% می‌باشد.**

بالاتر وجود داشته است که با وجود تراکم‌های بالاتر از شرایط استفاده شده و در بالاترین سطح تراکم بیشترین و در پایین‌ترین سطح تراکم، کم‌ترین میزان علوفه بدست آمده است. هم‌چنین علاوه بر تیمار تراکم نوع رقم نیز نقش تأثیرگذاری بر روی برآیند این صفت داشته است، به طوریکه در تراکم ۵۰ (کیلوگرم در هکتار) و رقم گلدشت اختلاف معنی‌داری با ترکیب تیماری که بیشترین میزان علوفه‌ی خشک را به خود اختصاص داده بود، ندارد. رقم فرامان در تراکم نهایی بیشترین بازده‌ی تولید علوفه را به خود اختصاص داده در صورتیکه رقم گلدشت در سایر تراکم‌های پایین‌تر کارایی بهتری نسبت به رقم فرامان داشته است. به نظر می‌رسد که تفاوت در پتانسیل ژنتیکی سبب ایجاد این تفاوت در دو رقم ذکر شده داشته است و در نهایت پتانسل ژنتیکی رقم فرامان در بالاترین سطح تراکم برتری نهایی را بدست آورد. تجمع ماده‌ی خشک از طریق فتوسنتز و تبدیل انرژی نورانی به زیست توده می‌باشد، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]




**شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم و رقم در رابطه با عملکرد علوفه‌ی خشک. حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα = 5% می‌باشد.**

(فلاونویید و آنتوسیانین) در تراکم‌های بالاتر سبب افزایش کارایی جذب نور فعال فتوسنتزی و محافظت از سیستم فتوسنتزی گردید که در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک شد.

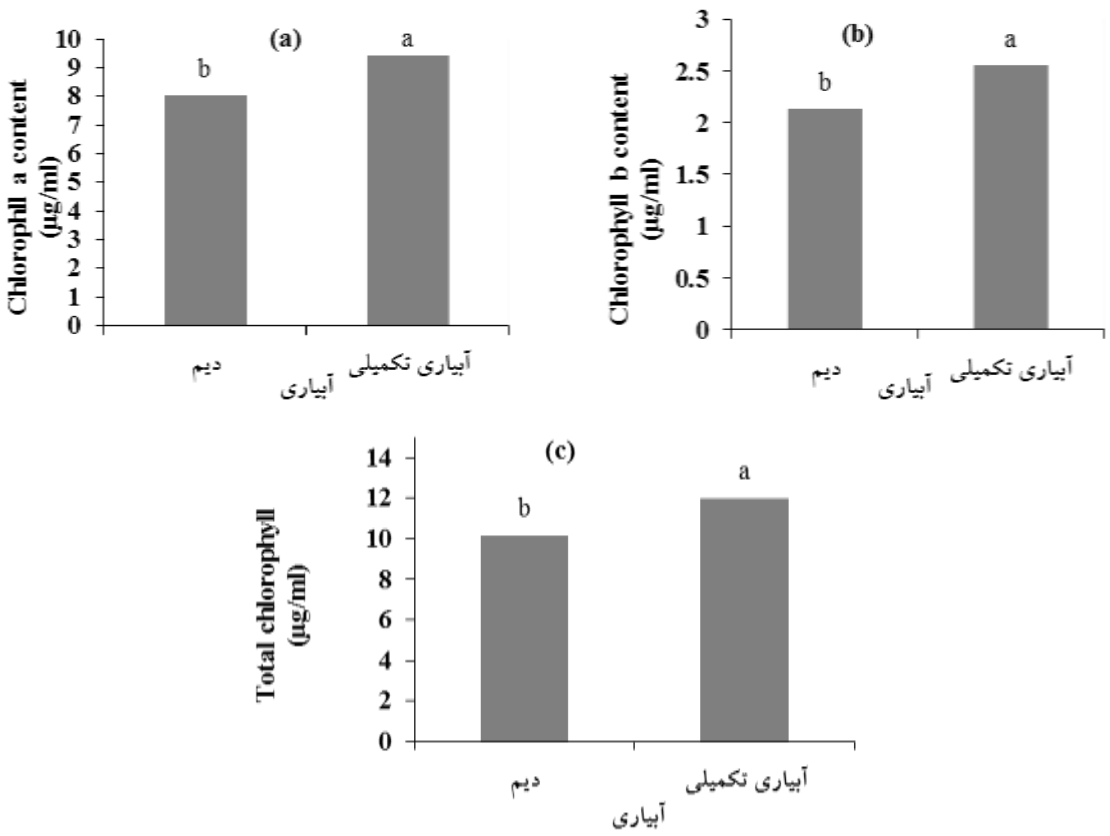
در طی بررسی در مورد علوفه گلرنگ در استرالیا میزان عملکرد علوفه‌ی خشک گلرنگ بین ۲/٤٦ تا ۱۱/۵۵ تن در هکتار بود (Wichman *et al.*, 2001). در پژوهش ارزیابی ۲٤ ژنوتیپ بی‌خار گلرنگ به همراه سه رقم شاهد فرامان، سینا و گلدشت مشاهده شد که ژنوتیپ اسلام‌آباد ۲/٦ با میانگین معادل با ۳۲/۷۹ تن در هکتار بیشترن مقدار را دارا بود و با دو رقم فرامان و گلدشت به ترتیب با میانگین معادل با ۲۳/۷۹ و ۲۳/۳۰ اختلاف معنی‌داری داشت (پورداد و خمیس‌آبادی، ۱۳۹٤). در تراکم‌های ۲۵ و ۱۵ بوته در مترمربع در سورگوم به ترتیب بیشترین و کم‌ترین عملکرد علوفه‌ی خشک حاصل شد (Miller and Ottman, 2010). از بین تراکم‌های مختلف ارزن، تراکم ۳۰ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد علوفه خشک را دارا بود (عیشی‌رضایی و همکاران، ۱۳۹۰).

**رنگیزهای فتوسنتزی:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۵ نشان داد تنها اثر اصلی آبیاری تأثیر معنی‌داری بر مقادیر کلروفیل a، b و کل در گیاه گلرنگ داشت. در این بین کاروتنوئید تحت تأثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، در تیمار آبیاری تکمیلی میزان کلروفیل a نسبت به شرایط دیم با اختلاف ۱۷/۵ درصدی افزوده شد (شکل a ۳). رنگیزه‌های فتوسنتزی شامل طیف وسیعی از رنگدانه‌های مختلف (کلروفیل a، b و کارتنوئیدها) می‌باشد که به شکل مستقیم و غیر مستقیم در فتوسنتز نقش داشته و این رنگیزه‌ها در جذب نور و تولید توان احیایی (انرژی) نقش مهمی را دارا می‌باشند (Jaleel *et al.*, 2009). در کمبود آب باعث از بین رفتن کلروپلاست‌ها می‌شود که به دنبال آن میزان کلروفیل کاهش می‌یابد، هم‌چنین در شرایط تنش تشکیل پروتوکلروفیل متوقف می‌گردد (Salisbury and Ross, 1992). در گیاه گلرنگ تنش‌های ملایم و شدید خشکی به ترتیب افزایش و کاهش در شاخص کلروفیل را موجب گردیدند. کاهش غلظت کلروفیل در شرایط خشکی به افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز نسبت داده شده است. هرچند علاوه بر تأثیر کلروفیلاز در تجزیه کلروفیل، پراکسیداز و ترکیبات فنلی را نیز در این رابطه دخیل دانستند (موسوی‌فر و همکاران، ۱۳۹۰).

تنش خشکی سبب کاهش محتوی کلروفیل گلرنگ گردید (Jaleel *et al.*, 2008). کاهش قابل توجه در کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها و کل رنگدانه‌ها تحت تنش خشکی نیز بر اثر کمبود آب و عمدتاً به دلیل آسیب به کلروپلاست توسط گونه‌های فعال اکسیژن رخ خواهد داد (بهشتی و دین، ۱۳۹٦). تنش خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل گلرنگ شده است (فتحی‌امیرخیز و همکاران، ۱۳۹٤).

در شکل b ۳ مشاهده شد که کلروفیل b در تیمار آبیاری

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]




**شکل ۳- مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری در رابطه میزان کلروفیل a (a)، میزان کلروفیل b (b) و میزان کلروفیل کل (c). حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα = 5% می‌باشد.**

تکمیلی با میانگین معادل با ۲/٥٦ (میکروگرم بر میلی لیتر) بیشتر از تیمار دیم با میانگین معادل با ۲/۱۳ (میکروگرم بر میلی لیتر) بود. بر اثر تنش خشکی محتوی رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) در برگ، فعالیت آنزیم‌های ربیسکو و میزان فتوسنتز و رشد کاهش و موجب کاهش عملکرد گردید (Hassan, 2006).

افزایش سطح تنش خشکی، شاخص کلروفیل برگ گلرنگ را افزایش داد و بیشترین شاخص کلروفیل برگ از تیمار آبیاری در رطوبت ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین از تیمار شاهد (آبیاری در رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه) اندازه‌گیری شد. افزایش شاخص کلروفیل در شرایط تنش خشکی، شاید به علت کاهش سطح برگ و افزایش غلظت کلروفیل در واحد سطح برگ است (عزیزآبادی و همکاران، ۱۳۹۳). با افزایش تنش خشکی، کلروفیل a و b در گیاه آفتابگران کاهش یافت. بیش‌ترین کلروفیل a متعلق به تیمار شاهد بود. هم‌چنین سطح سوم تنش خشکی (۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده) باعث کاهش ۲۵/٦۳ درصدی کلروفیل b نسبت به تیمار شاهد گردید (یداللهی‌ده‌چشمه و همکاران، ۱۳۹۳). آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی در نخود با میزان ٦۱۳ واحد بالاترین و شرایط دیم با ۳۷٤ واحد کمترین میزان کلروفیل برگ را دارا بودند (برزعلی، ۱۳۹۳). با اعمال تنش خشکی در گیاه کلزا مقدار کلروفیل a از ۱/۱٤ به ۰/۹۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر کاهش ۱۰ درصدی داشت. میزان کلروفیل b در تیمار تنش نسبت به تیمار آبیاری معمول ۱۱ درصد کاهش نشان داد. تنش‌های آبی بر بخش نوری فتوسنتز و سیستم رنگیزه‌ای مؤثر واقع گردید و در واقع با افزایش مقدار تنش و یا کاهش پتانسیل آب خاک روند تخریب رنگیزه‌های کلروفیل با سرعت بیشتری صورت گرفت. هم‌چنین کاهش میزان کلروفیل در تنش‌های محیطی، احتمالاً بازدارندگی بیوسنتز کلروفیل تحت تأثیر تنش بود که علاوه بر

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

کاهش کلروفیل a و b باعث کاهش کلروفیل کل نیز گردید (چگنی و همکاران، ۱۳۹٤).

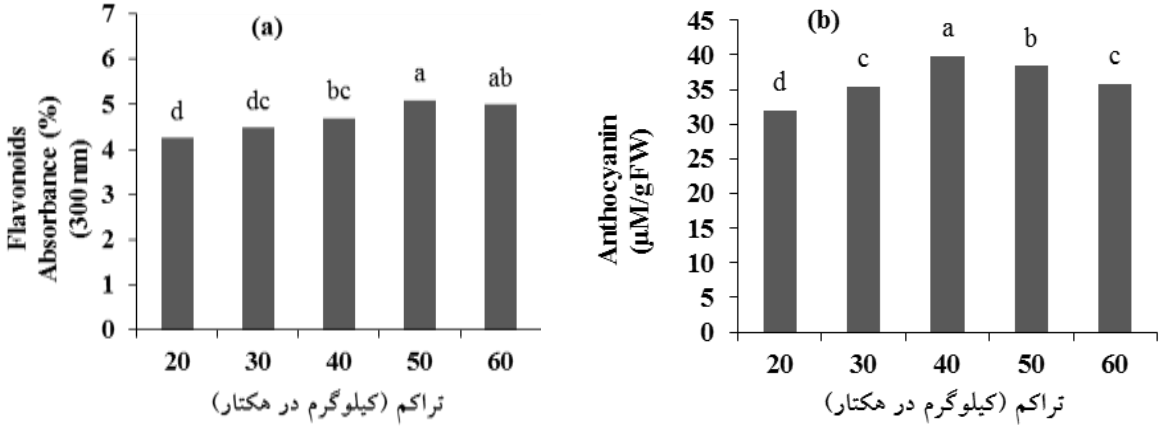
**کلروفیل کل:** نتایج حاصل از مقایسات میانگین (شکل c ۳) نشان داد که تیمار آبیاری تکمیلی با افزایش چیزی حدود ۱۸ درصد نسبت به تیمار دیم در کلروفیل کل باعث برتری نهایی گردید. محتوی کلروفیل از مهم‌ترین عواملی است که ظرفیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، حفظ رنگیزه‌هایی مانند کلروفیل a و b می‌تواند سبب افزایش ثبات فتوسنتز و کلروفیل‌سازی در گیاهان شود که در نهایت منجر به افزایش ماده‌ی خشک تجمع و عملکرد نهایی علوفه‌ی خشک گردید.

تنش خشکی باعث افزایش کلروفیل a، b، کلروفیل کل و کارتنوئید در گیاه گلرنگ شد. در شرایط تنش خشکی شدید، رقم گلدشت بیشترین میزان کلروفیل کل را دارا بود (شعبان و همکاران، ۱۳۹۵ ). تحت تنش خشکی در گیاه آفتابگردان میزان کل فتوسنتز، به شدت کاهش پیدا کرد. تنش خشکی از طریق اثرات روزنه‌ای و اثرات غیر روزنه‌ای شامل افزایش مقاومت مزوفیلی نسبت به انتقال دی‌اکسیدکربن و افزایش نقطه جبرانی دی‌اکسیدکربن بر جذب خالص $CO_2$ در برگ‌های گیاهان تحت تنش، به کاهش میزان فتوسنتز منجر گردید علاوه بر این، در شرایط تنش رطوبتی، کاهش فعالیت آنزیم‌های ریبولوزبی‌فسفات کربوکسیلاز و کاهش انتقال الکترون، فتوفسفوریلاسیون و سنتز کلروفیل و پروتئین مشاهده گردیده است (حیدری و همکاران، ۱۳۹٤). تنش کم آبی میزان فلورسانس کلروفیل، کلروفیل برگ و محتوی آب نسبی برگ را در گیاه گلرنگ کاهش داد. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار مقادیر کلروفیل a، b و a+b در برگ‌های گلرنگ گردید، در حالیکه مقدار کاروتنوئیدها را افزایش داد (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۳). تنش خشکی در شرایط تنش ملایم (۰/۳ – مگاپاسکال) تأثیر کمی بر محتوی کلروفیل در گیاه یونجه گذاشت اما در همه‌ی ارقام یونجه در تنش ۱ مگاپاسکال محتوی کلروفیل کاهش بسیار شدیدی نشان داد ( Molor *et al.*, 2017). محتوی کلروفیل a، b، کل و نسبت کلروفیل a/b در سطح کمبود شدید آب به ترتیب ٤٨، ٤٣/٥، ٤٦/٦ و ٥/٧ درصد در مقایسه با سطح شاهد در گیاه روغنی کنجد کاهش یافت. به نظر می‌رسد کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش، به واسطه‌ی افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز و در نهایت تخریب کلروفیل باشد (سیدان‌جاسبی و احسان‌زاده، ۱۳۹۲).

**فلاونوییید:** در شکل a ٤ مشاهده گردید با افزایش سطح‌های تراکم میزان فلاونوییید افزایش یافت، هرچند بین تراکم ۵۰ و ٦۰ (کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. تراکم ۵۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگینی معادل با ۵/۰۸ (درصد جذب) بیشترین و تراکم ۲۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگینی معادل با ٤/۲۵ (درصد جذب) کمترین میزان را به خود اختصاص دادند. گیاهان ترکیبات فنولی را در پاسخ به برخی ترکیبات پیام رسان که نقش دفاعی مهمی دارند، آزاد می‌کنند. فلاونوییدها یکی از گسترده‌ترین و متنوع‌ترین ترکیبات طبیعی هستند که همانند سایر ترکیبات فنولی توانایی جذب رادیکال‌های آزاد را دارند (خانپوراردستانی و همکاران، ۱۳۹۳). احتمالاً افزایش فعالیت فلاونوییید در تراکم‌های بالاتر مربوط به عامل فنولی باشد. در غلظت‌های بالاتر ترکیب‌های فنلی، به دلیل افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش، احتمال اهدای هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش می‌یابد ( Cai *et al.*, 2006). در نهایت با توجه به افزایش بیشتر وجود ترکیبات فلاونوییدی در تراکم‌های بالاتر در این گیاه باعث گردید که علاوه بر تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی نیز باعث افزایش عملکرد ماده‌ی خشک علوفه گردید.

فلاونوییدها به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های پاک‌کننده‌ی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و گونه‌های نیتروژن واکنشی شناخته شده‌اند. در برخی موارد به واسطه‌ی ساختار خود به عنوان کیلیت (کلات سازی یا چنگک‌سازی) کننده‌ی یون‌های فلزی عمل می‌نماید. خاصیت آنتی‌اکسیدانی فلاونوییدها به واسطه‌ی گروه هیدروکسیل که به یک ساختار حلقوی چسبیده است، می‌باشد. با انتقال یک الکترون به رادیکال‌های آزاد باعث کاهش پتانسیل این رادیکال‌ها می‌گردد. فلاونوییدها به عنوان

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]




**شکل ٤- مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم در رابطه با میزان فلاونویید (a) و میزان آنتوسیانین (b). حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα=5% می‌باشد.**

جاروب‌کننده‌ی مطلوب برای رادیکال‌های پراکسید می‌باشد که باعث کاهش پتانسیل رادیکال‌های پراکسیل آلکیل می‌گردد که در نهایت به عنوان مهار کننده‌ی مؤثر پراکسیداسیون لیپیدها می‌باشد. ویژگی‌های کاهشی آنها به واسطه‌ی ساختار مخصوص و اصلی آن می‌باشد که دارای یک کاتکول (3´,4´-dihydroxy) در حلقه‌ی B؛ پیوند غیر اشباع ۳و۲ دوگانه و هم‌چنین یک گروه ۳- هیدروکسیل در حلقه C می‌باشد (Rice-Evans, 2001).

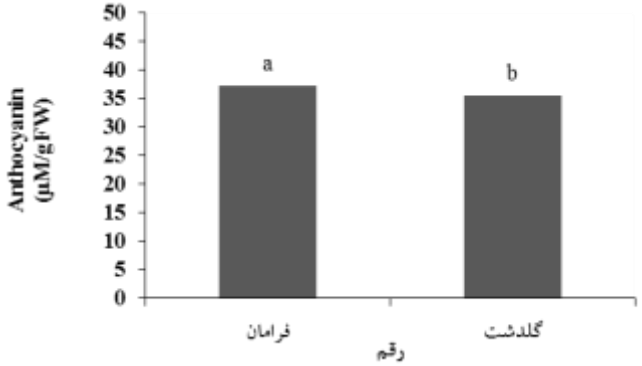
**آنتوسیانین**: همان طور که در شکل b ٤ مشاهده شد با افزایش تراکم میزان آنتوسیانین موجود در علوفه‌ی گلرنگ افزایش یافت، هر چند در تراکم ۳۰ و ٦۰ (کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. این در حالی است که تراکم ٤۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۳۹/۸۹ میکرومول بر گرم وزن تر بیشترین میزان فعالیت این آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی را دارا بود و تراکم ۲۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۳۲/۰۱ میکرومول بر گرم وزن تر کمترین میزان آنتوسیانین را به خود اختصاص داد. در حفاظت غیر آنزیمی سنتز ترکیب‌هایی مانند اسید آسکوربیک، کاروتنوئیدها، فلاونوییدها، آنتوسیانین‌ها و آلکالوئیدها افزایش خواهد یافت (Mirnoff and Wheller, 2000). آنتوسیانین و فنل‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای گیاهی است که از گیاه در برابر واکنش‌های فتودینامیک آسیب رساننده، با سرکوب کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن، حفاظت می‌کنند (قناتی و همکاران، ۱۳۸۹). فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها در گیاه دارویی (*Dracocephalum kotschyi*) رابطه مستقیم با مقدار ترکیبات فنلی و فلاونوییدی کل و آنتوسیانینی دارد (کمالی و همکاران، ۱۳۹۳). فتوسنتز تعیین کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است در این راستا، این رنگدانه همانند فلاونوئید با افزایش تراکم نقش و فعالیت آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی و رنگیزه‌ی کمکی آن افزایش یافت و در نهایت این رنگیزه‌ها نقش تأثیرگذاری در افزایش نهایی عملکرد ماده‌ی خشک داشتند.

با اعمال تنش خشکی بر مقدار آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی برگ گیاه سیر اثر معنی‌داری داشت و با اعمال و تشدید تنش خشکی، مقدار آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی برگ افزایش یافت اما تراکم کاشت بر آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی تأثیر معنی‌دار نداشت (اکبری و همکاران، ۱۳۹۵).

از بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی رقم بر محتوای آنتوسیانین علوفه‌ی گلرنگ (شکل ۵) مشاهده شد که رقم فرامان با اختلاف حدود ۵ درصدی نسبت به رقم گلدشت برتری داشت. احتمالاً این برتری با توجه به خصوصیات ژنتیکی رقم مورد نظر می‌باشد.

در طی بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات عملکردی و فرآیندهای فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گلرنگ مشاهده شد که ژنوتیپ C44 بیشترین میزان آنتوسیانین را در

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]




**شکل ۵- مقایسه میانگین اثر اصلی رقم در رابطه با میزان آنتوسیانین. حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα = 5% می‌باشد.**

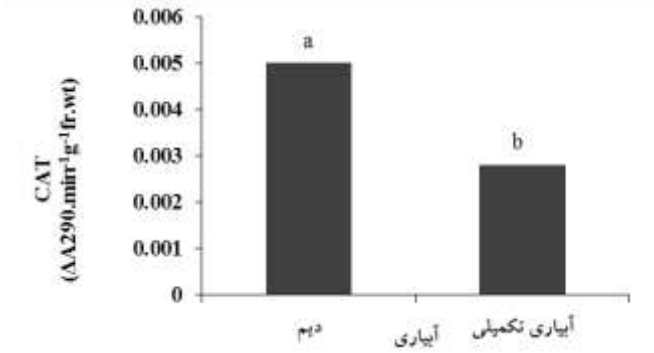
بین ارقام داشت (اسماعیلی‌منزه و همکاران، ۱۳۹۱).

**کاتالاز:** نتایج آنالیز واریانس داده نشان داد که اثر اصلی آبیاری و تراکم در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار دیم با میانگین ۰/۰۰۵ (واحد آنزیمی بر گرم وزن تر) و کم‌ترین در تیمار آبیاری تکمیلی با میانگین ۰/۰۰۲ (واحد آنزیمی بر گرم وزن تر) حاصل گردید (شکل ٦). افزایش کاتالاز در شرایط دیم، گیاه را از آسیب‌های اکسایشی محافظت نمود، فعالیت این آنزیم به عنوان یک پاسخ دفاعی به تنش خشکی بود و باعث گردید که این گیاه حتی در شرایط دیم عملکرد علوفه‌ی قابل قبولی داشته باشد.

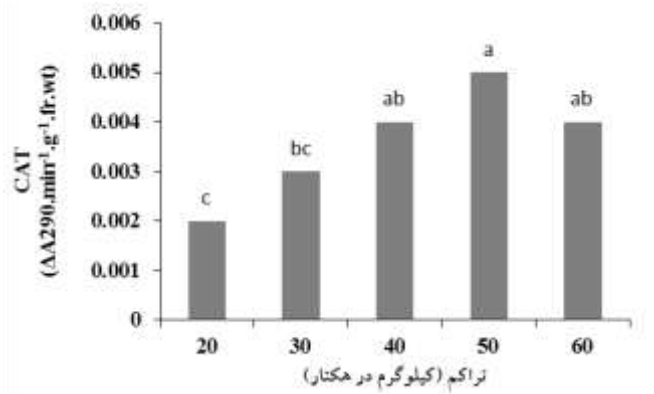
تنش خشکی بر آنزیم‌های آسکوربات، گایاکول‌پراکسیداز و کاتالاز در گلرنگ اثر معنی‌داری نداشت (امیری و همکاران، ۱۳۹۵). با افزایش تنش خشکی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی (آنزیم پراکسیداز و کاتالاز) در گلرنگ افزایش یافت (واجدی و همکاران، ۱۳۹۱). در پایان ۵۰ روز تنش خشکی، میزان فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسیداز دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در گیاهان پیش تیمار شده در مقایسه با گیاهان شاهد در دو رقم چمن (بنت‌گراس خزنده و فستوکای پابلند) بالاتر بود (امیری‌نسب و همکاران، ۱۳۹۳). فعالیت آنزیم کاتالاز در هر دو رقم جو تحت تنش خشکی افزایش یافت. به نظر می‌رسد افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به کاهش تنفس نوری و کاهش نقطه جبرانی $CO_2$ کمک خواهد کرد (سی‌وسه‌مرده و همکاران، ۱۳۹۳). در گیاه دارویی کاسنی در شرایط تنش خشکی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز افزایش معنی‌داری یافتند. شدت تنش‌های اکسیداتیو و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها بیان‌کننده‌ی میزان مقاومت یا حساسیت ارقام به تنش خشکی است. افزایش کاتالاز در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان یک نقش فتوتراپی در مکانیسم‌های فتوسنتزی عمل کند که باعث کاهش آسیب به کلروپلاست در طی دوره‌ی تنش می‌گردد (Ghanaatiyan *et al.*, 2017). با افزایش شدت تنش کم‌آبی، بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پلی‌فنل‌اکسیداز گیاه لوبیا افزوده شد (رشیدی و همکاران، ۱۳۹۳).

با افزایش سطح‌های تراکم میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش یافت، به طوریکه در تراکم ۵۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین معادل با ۰/۰۰٤ (واحد آنزیمی بر گرم وزن تر) بیش‌ترین میزان فعالیت را دارا بود. این در حالی است که پایین ترین سطح تراکم ۲۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۰/۰۰۲ (واحد آنزیمی بر گرم وزن) کم‌ترین میزان فعالیت را داشت (شکل ۷). با افزایش تراکم ظرفیت فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه گیاه سرخارگل افزایش یافت، به طوری که از بر هم‌کنش تیماری کشت تأخیری خردادماه × تراکم ١٦ بوته در مترمربع بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی حاصل گردید. علت این افزایش را می‌توان، احتمالاً به علت افزایش فلاونوییدها در این تیمار باشد. افزایش غلظت ترکیب‌های فنولی، مقدار توانایی عصاره‌های مختلف در مهار رادیکال‌های آزاد را به طور مستقیم

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]




**شکل ٦- مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری در رابطه با میزان فعالیت آنزیم کاتالاز. حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα = 5% می‌باشد.**




**شکل ۷- مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم در رابطه با میزان فعالیت آنزیم کاتالاز. حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα=5% می‌باشد.**

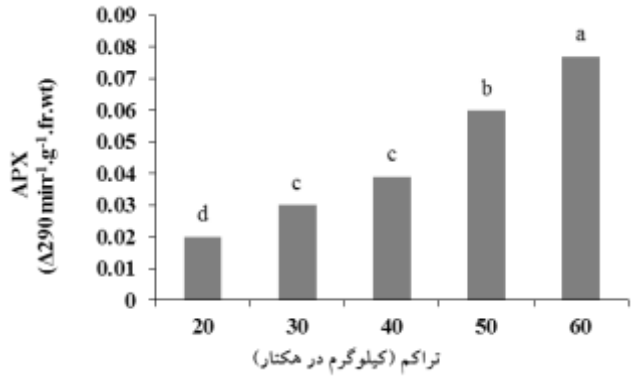
افزایش می‌دهد. در غلظت‌های بالاتر ترکیب‌های فنولی، به دلیل افزایش تعداد گروه‌های هیدروکسیل موجود در محیط واکنش، احتمال اهدای هیدروژن به رادیکال‌های آزاد و به دنبال آن قدرت مهارکنندگی عصاره افزایش می‌یابد (اسدی‌صنم و همکاران، ۱۳۹۵). علاوه بر افزایش فعالیت سیستم دفاعی آنزیمی این آنتی‌اکسیدان در شرایط دیم، همراه با افزایش تراکم گیاهی فعالیت آنزیمی آن نیز افزایش یافت که مجموع این فعالیت‌ها سبب افزایش عملکرد نهایی گردید.

در طی بررسی اثر تراکم بوته بر برخی پاسخ‌های رشدی، فیزیولوژیکی و فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاه نخود تحت شرایط سطوح مختلف آبیاری مشاهده گردید که فاکتور تراکم اثر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز نداشت (برزعلی و همکاران، ۱۳۹۵).

**آسکوربات‌پراکسیداز**: از بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم بر فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز علوفه‌ی گلرنگ (شکل ۸) مشاهده شد که با افزایش سطوح تراکم میزان فعالیت این آنزیم افزایش یافت. به طوریکه بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار تراکم ٦٠ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۰/۰۷ (واحد آنزیمی بر گرم وزن تر) و کم‌ترین میزان فعالیت در تیمار تراکم ۲۰ (کیلوگرم در هکتار) با میانگین ۰/۰۲ (واحد آنزیمی بر گرم وزن تر) حاصل گردید. افزایش فعالیت این آنتی‌اکسیدان آنزیمی همانند آنزیم کاتالاز در بالاترین سطح تراکم توانست نقش تأثیر گذاری در افزایش عملکرد علوفه‌ی گلرنگ داشته باشد.

تراکم کم و زیاد جمعیت کلونی در گیاه اسطوخودوس تفاوتی از نظر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]




**شکل ۸- مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم در رابطه با میزان فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز. حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال LSDα=5% می‌باشد.**

نداشتند. هم‌چنین از لحاظ اورگانی میزان این آنزیم در برگ و ریشه تفاوت معنی‌داری نداشتند (Mohammadi *et al.*, 2015). دور آبیاری و تراکم گیاهی بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه دارویی مرزه بختیاری اثر معنی‌داری داشت، به طوریکه بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در آبیاری هر روز و فواصل کاشت ۲۰× ۲۰ سانتی‌مترمربع مشاهده شد (شاهیوند و همکاران، ۱۳۹۲).

## نتیجه‌گیری

با توجه به ابزارها و شیوه‌های مؤثر مدیریتی (آبیاری تکمیلی و تراکم مطلوب) می‌توان خصوصیات فیزیولوژیک (رنگیزه‌های فتوسنتزی، آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی) را بیشتر و بهتر بهبود بخشید، به طوریکه خطر احتمالی را کاهش و به ایجاد ثبات پایداری عملکرد محصولات دیم برای مناطق خشک و نیمه خشک (منطقه‌ی مورد آزمایش) کمک خواهد نمود. با توجه به نتایج این آزمایش، می‌توان چنین استنباط کرد که با انجام آبیاری تکمیلی فعالیت رنگیزه‌های گیاهی افزایش یافت. آنتی‌اکسیدان کاتالاز در شرایط دیم باعث بهبود تحمل تنش‌خشکی گردید و در این راستا افزایش تراکم گیاهی در افزایش فعالیت هر دو آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیر آنزیمی مؤثر بود که این ویژگی احتمالاً مربوط به ترکیبات فنلی موجود در آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی می‌باشد.

## منابع


ادراه کل هواشناسی استان ایلام. دسترسی آنلاین: .http://www.ilammet.ir. Accessed 29 March 2016.

اسدی‌صنم، س.، زواره، م.، پیردشتی، ه. ا.، سفیدکن، ف. و نعمت‌زاده، ق. ع. (۱۳۹۵) تأثیر تاریخ و تراکم کاشت بر ماده خشک و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ریشه گیاه دارویی سرخارگل (*Echinacea purpurea* L. Moench). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۱۵: ۷٤-۵۸.

اسماعیلی‌منزه، ع.، امیدی، ح. و بستانی، ع. ا. (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد، پرولین، رنگدانه‌های فتوسنتزی، آب نسبی برگ چند ژنوتیپ گلرنگ. مجله پژوهش آب در کشاورزی ۲: ۱۹٦-۱۸۸.

اکبری، ش.، کافی، م. و رضوان بیدختی، ش. (۱۳۹۵) اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و آنتی‌اکسیدان در دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) با تراکم‌های کاشت مختلف. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی ۱۰٦:۹۵-۱.

آمار نامه کشاورزی (۱۳۹۵) دسترسی آنلاین:( http://amar.maj.ir/portal/file/show file.aspx?ID=9ccae/. Accessed 1 September 2017).


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

امیری، ا.، سیروس‌مهر، ع. ر.، یداللهی، پ.، اصغری‌پور، م. ر. و اسماعیل‌زاده مهابادی، ص. (۱۳۹۵) تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گلرنگ. مجله به‌زراعی کشاورزی ۲: ٤٦٦-٤٥٣.

امیری‌نسب، ک.، قاسم‌نژاد، م.، زکی‌زاده، ه. و بیگلویی، م. ح. (۱۳۹۳) اثر پیش تیمار خشکی روی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و کاهش تنش خشکی دو گونه چمن، بنت‌گراس خزنده (*Agrostis stolonifera* cv. Palustris) و فستوکای پابلند (*Festuca arundinacea* cv. Grystone). مجله علوم باغبانی ایران ٤: ٤٤٠-٤٢٩.

برزعلی، م. (۱۳۹۳) ارزیابی درصد پروتئین دانه، میزان کلروفیل و فعالیت برخی آنتی‌اکسیدانت‌های نخود تحت تراکم‌های مختلف کاشت و آبیاری تکمیلی، اولین گنگره بین‌اللملی و سیزدهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران.

برزعلی، م.، نصری، م. و کریمی‌فر، م. (۱۳۹۵) اثر تراکم بوته بر برخی پاسخ‌های رشدی، فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه نخود (*Cicer arietinum*) تحت سطوح مختلف آبیاری. نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی ٤٣، ٣٨-٢٥.

بهشتی، ص. و تدین، ع. (۱۳۹٦) اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی لوبیا لیما (*Phaseolus lunatus* L.). مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۱۹: ۱۳-۲.

پورداد، س. و خمیس آبادی، ح. (۱۳۹٤) ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر عملکرد دانه و روغن و برخی صفات زراعی در شرایط دیم معتدل سرد. مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و موسسه تحقیقات علوم دامی کشور ۹۱۹۱۲-۱۵۱۳-۱۵-۳.

جعفرزاده، ل.، امیدی، ح. و بستانی، ع. ا. (۱۳۹۳) بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۲: ۱۹۳-۱۸۰.

جلیلیان، ج.، امیرنیا، ر.، قلی‌نژاد، ا. و عباس‌زاده، س. (۱۳۹۵) تأثیر آبیاری تکمیلی و پیش تیمار بذر بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و برخی خصوصیات ماشک رقم دیم مراغه. مجله به‌زراعی کشاورزی ۳: ٦٣٧-٦٢٥.

چگنی، ه.، گلدانی، م.، شیرانی‌راد، ا. ح. و کافی، م. (۱۳۹۵) تأثیر تنش خشکی آخر فصل بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و زراعی لاین‌های کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی ارسنجان ۲۷: ۳۱-۲۱.

حشمتی، س.، امینی‌دهقی، م.، رضازاده، ع. ر. و فتحی‌امیرخیز، ک. (۱۳۹۵) بررسی اثر حاصل‌خیزکننده‌های مختلف فسفر بر خصوصیات فیزیولوژیکی رنگدانه‌های فتوسنتزی و قندهای محلول در گلرنگ تحت شرایط تنش کمبود آب. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۲: ۳۱۷-۳۰٤.

حیدری، غ. ر.، حسن‌زاده، ب.، سی‌وسی‌مرده، ع.، سهرابی، ی.، امام، ی. و مجیدی، م. (۱۳۹٤) اثر سطوح تنش خشکی، کود گوگرد و محلول‌پاشی منگنز بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). نشریه زراعت دیم ایران۱: ۹۳-۲۹.

خانپوراردستانی، ن.، شریفی، م. و بهمنش، م. (۱۳۹۳) اثر متیل جاسمونات بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در کشت سلول *Scrophularia straita Boiss.* مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران) ۵: ۸۵۳-۸٤۰.

رشیدی، س.، عبادی، ع.، پرمون، ق. و جهانبخش، س. (۱۳۹۳) اثر منبع نیتروژن بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا در شرایط تنش کم‌آبی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی ۹: ۱۰۸-۹۸.

رضوانی مقدم، پ.، بالندری، ا. و سیدی، م. (۱۳۹٤) اثر تراکم بوته و زمان برداشت بر عملکرد کاسنی علوفه ای رقم پونا (*Cichorium intybus* L.cv). مجله علوم زراعی ایران ۲: ۱۱٤-۱۰٤.

سیدان‌جاسبی، م. و احسان‌زاده، پ. (۱۳۹۲) بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک مرتبط با اثر تنش کمبود آب در ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.). نشریه علوم گیاهان زراعی ایران ٤: ۵۸۳-۵۷۵.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

سی‌وسه‌مرده، ع.، فاتح، ح. و بدخشان، ه. (۱۳۹۳) واکنش سرعت فتوسنتز، پایداری غشاء و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت به تنش خشکی و کود ازته در دو رقم جو (*Hordeun vulgare*) تحت شرایط کنترل شده. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۲: ۲۲۸-۲۱۵.

شعبان، ص.، فاخری، ب.، محمدزاده، م. و خدری، ر. (۱۳۹۵) ارزیابی رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در شرایط آب و هوایی سیستان، کنفرانس بین‌اللملی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین.

عزیزآبادی، ا.، گلچین، ا. و دلاور، م. ا. (۱۳۹۳) تأثیر پتاسیم و تنش خشکی بر شاخص‌های رشد و غلظت عناصر غذایی بر برگ گیاه گلرنگ، علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۵: ۷۹-۶۵.

علی‌نقی‌پور، م. (۱۳۹۳) تأثیرچند کشتی همزمان بر عملکرد دانه ارقام گلرنگ در منطقه آران وبیدگل. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق، نراق، ایران.

عیشی‌رضایی، ا.، رضوانی‌مقدم، پ.، خزاعی، ح. ر. و محمدی‌آبادی، ع. ا. (۱۳۹۰) تأثیر تراکم کاشت و الگوی کشت مخلوط (درهم و ردیفی) ارزن و سویا بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه‌آنها در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱: ۵۹-۵۰.

فتحی‌امیرخیز، ک.، امینی‌دهقی، م. و حشمتی، س. (۱۳۹٤) بررسی اثر کلات آهن بر محتوای کلروفیل، کارایی کوانتومی فتوسنتز II و برخی صفات بیوشیمیایی در گلرنگ در شرایط کم آبیاری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران ۱: ۱٤۵-۱۳۷.

قناتی، ف.، بختیاریان، س. و عبدالمالکی، پ. (۱۳۸۹) تأثیر متیل جاسمونات بر متابولیت‌های ثانویه گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.). علوم و فناوری زیستی مدرس ۱: ۳۳-۲۱.

کبیری، ر. (۱۳۹۰) بررسی اثر پیش تیمار سالیسیلیک اسید در کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی در کشت هیدروپونیک گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa*). پایان نامه کارشناسسی ارشد، دانشگاه باهنر کرمان، کرمان، ایران.

کمالی، م.، خسرویار، س. و جلیلوند، م. ر. (۱۳۹۳) بررسی ترکیبات فنلی، فلاونوییدی، آنتوسانینی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌های مختلف اندام هوایی گیاه دارویی *Dracocephalum kotschyi*. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی ۳: ٦۳۷-٦۲۷.

کوچکی، ع. ر.، نصیری محلاتی، م.، نوربخش، ف. و نه‌بندانی، ع. ر. (۱۳۹٦) اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱: ٤۵-۳۱.

مظلومی‌میمندی، م.، پیرزاد، ع. ر. و جلیلیان، ج. (۱۳۹۵) برهمکنش همزیستی میکوریزایی و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کیفیت علوفه و دانه گندم دیم در شرایط متغیر بارش انتهای فصل. نشریه زراعت دیم ایران ۲: ۲٤٦-۲۰۳.

مهدوی، ب.، مدرس‌ثانوی، ع. م.، آقاعلیخانی، م.، شریفی، م. و علوی‌اصل، ع. (۱۳۹۳) اثر محلول‌پاشی کیتوزان بر رشد و خصوصیات بیوشیمیایی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش کم آبی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۲: ۲۳٦-۲۲۹.

موسوی‌فر، ب. ب. ا.، بهدانی، م. ع.، جامی‌الاحمدی، م. و حسینی‌بجد، م. س. (۱۳۹۰) تغییرات شاخص کلروفیل (SPAD)، محتوی نسبی آب، نست الکترولیت و عملکرد دانه در سه ژنوتیپ گلرنگ بهاره تحت تأثیر قطع آبیاری. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۳: ٥۳٤-٥۲۵.

نعمت‌اللهی، ا.، جعفری، ع. ر. و باقری، ع. ر. (۱۳۹۲) اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی ارقام زراعی آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۱۲: ۵۱-۳۸.

واجدی، ج.، ارادتمنداصلی، د. و محمدی‌ایچی، ر. (۱۳۹۱) اثر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گلرنگ و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز، اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی (غیرزیستی)، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

یداللهی‌ده‌چشمه، پ.، باقری، ع. ا.، امیری، ا. و اسمعیل‌زاده‌بهابادی، ص. (۱۳۹۳) اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی کیتوزان بر عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی در آفتابگردان (*Heliantus unnuus* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز ۲۱: ۸۳-۷۳.

یوسفی نژاد، ص. (۱۳۹٤) اثر مرحله بلوغ و زمان برداشت بر ترکیب شیمیایی و تجزیه‌پذیری علوفه یونجه با روش کیسه‌های نایلونی و آزمایشگاهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. (1998) Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. 300: D05109

Beers, R. and Sizer, I. (1952) A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. Journal of Biological Chemistry 195: 133.

Bucks, D. A., Nakayama, F. S. and Warrick, A. W. (1982) management in surface and overhead irrigation. Agricultural Water Management 7: 157-178.

Cai, Y. Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q. and Corke, H. (2006) Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. Life Science 78: 2872-88.

Cazzato, E., Laudadio, V., Corleto, A. and Tufarelli, V. (2011) Effects of harvest date, wilting and inoculation on yield and forage quality of ensiling safflower (*Carthamus tinctorius* L.) biomass. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 2298-2302.

Emongor, V. (2010) Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) the underutilized and neglected crop: A review. Asian Journal of Plant Sciences 9: 99-306.

Ghanaatiyan, K. and Sadeghi, H. (2017) Differential responses of chicory ecotypes exposed to drought stress in relation to enzymatic and non-enzymatic antioxidants as well as ABA concentration. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 92: 404-410.

Hassan, I. A. (2006) Effects of water stress and high temperature on gas exchange and chlorophyll fluorescence in *Triticum aestivum* L. Photosynthetica 44: 312-315

Jaleel, C. A., Gopi, R., Sankar, B., Gomathinayagam, M. and Panneerselvam, R. (2008) Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. Comptes Rendus Biologies 33: 42-47.

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2009) Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11: 100-105.

Jamshidi, M., Ahmadi, H. R., Rezazadeh, S., Fathi, F., Mazanderani, M. and Khaki, A. (2010) Study on phenolic and antioxidant activity of some selected plant of Mazandaran province. Journal of Medicinal Plant 9: 177-183

Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F. and Brouillard, R. (2003) Analysis and biological activities of anthocyanins. Phytochemistry 64: 923-933.

Krizek, D. T., Britz, S. J. and Mirecki, R. M. (1998) Inhibitory effect of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New red fire lettuce. Physiologia Plantarum 1: 1-7.

Lichtenthaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology 148: 350-382.

Meng, W., Yu, Z., Zhao, J., Zhang, Y. and Shi, Y. (2017) Effects of supplemental irrigation based on soil moisture levels on photosynthesis, dry matter accumulation, and remobilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Plant Production Science 20: 215-226.

Miller, A. N. and Ottman, M. J. (2010) Irrigation frequency effects on growth and ethanol yield in sweet sorghum. Agronomy Journal 102: 60-70.

Miri, A., Gholamalizadeh Ahangar, A., Ghorbani, M. and Shirmohammadi, E. (2016) The effect of PGPR and alfalfa extract on macronutrient and micronutrient contents of sorghum (*Sorghum vulgare*). Iran Agricultural Research 35: 96-103.

Mirnoff, N. and Wheller, G. L. (2000) Ascorbic acid in plants; Biosynthesis and function. Critical Review in Plant Sciences 19: 267-290

Mirshekari, M., Majnonhosseini, N., Amiri, R., Moslehi, A. and Zandvakil, O. R. (2012) Effects of sowing date and limited irrigation water stress on Spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) quantitative traits. Journal of Research in Agricultural Science 2: 100-112.

Mohammadi, M., Ghassemi–Golezani, K., Zehtab-Salmasi, S. and Nasrollahzade, S. (2015) Effect of water deficit on some morphological, yield and yield component of Spring Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) cultivars. International Journal of Review in Life Scinces 5: 298-305.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

Molor, A., Khajidsuren, A., Myagmarjav, U. and Vanjildorj, E. (2017) Comparative analysis of drought tolerance of Medicago plants under stressed conditions. Mongolian Journal of Agricultural Sciences 19: 32-40.

Naderi, M. R., Nurmohammadi, G., Majidi, A., Darvish, F. and Shirani Rad, A. H. (2004.) Response of three summer safflower to different intensities drought stress. Journal of Agriculture Sciences 4: 3-14. (In Persian).

Nakano, Y. and Asado, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology 22: 867-880.

Namdjoyan, S., Kermanian, H., Soorki, A. A., Tabatabaei, S. M. and Elyasi, N. (2017) Interactive effects of salicylic acid and nitric oxide in alleviating zinc toxicity of Safflower (*Carthamus* tinctorius L.). Ecotoxicology 1-10.

Oweis, T., Zhang, H. and Pala, M. (2000) Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. Agronomy Journal. 92: 231-238.

Ozek, K. (2017) Feed value and the possibilities of using in farm animal nutrition of Safflower: II. The using and effects in ruminant nutrition. KSU Journal of Natural Sciences 20: 35-41.

Ragni, M., Tufarelli, V., Pinto, F., Giannico, F., Laudadio, V., Vicenti, A. and Colonna, M. A. (2015) Effect of dietary safflower cake (*Carthamus tinctorius* L.) on growth performances, carcass composition and meat quality traits in garganica breed kids. Pakistan Journal of Zoology 47: 193-199.

Rice-Evans, C. (2001) Flavonoid antioxidants. Current Medicinal Chemistry 8: 797-807.

Salisbury, F. B. and Ross, G. W. (1992) Plant Physiology.4nd Ed. Wadsworth publishing company, Belmont, California.

Tsoata, E., Temegne, C. N. and Youmbi, E. (2017) Analysis of eary growth criterion to screen four fabaceae plants for their tolerance to drought stress. International Journal of Current Research 9: 44568-44575.

Villa, C., Costa, J., Oliveira, M. B. P. and Mafra, I. (2017) Novel quantitative real-time PCR approach to determine safflower (*Carthamus tinctorius*) adulteration in saffron (*Crocus sativus*). Food Chemistry 229: 680-687.

Wanger, G. J. (1979) Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiology 64: 88-93.

Wichman, D. M., Welty, L. E., Strang, L. M., Bergman, J. W., Westcott, M. P., Stallknecht, G. F., Riveland, N. R. and Ditterline, R. L. (2001) Assessing the forage production potential of Safflower in the Northern Great Plains and Inter-Mountain regions. Proceedings of the 5th International Safflower Conference, Williston, USA.

Xia, Q., Ma, Z., Mei, X., Luo, J., Wang, Y., Li, T. and Lin, R. (2017) Assay for the developmental toxicity of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to zebrafish embryos/larvae. Journal of Traditional Chinese Medical Sciences 4: 71-81.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]

# Investigation of the effect of plant density and supplementary irrigation on response of photosynthetic pigments and catalase and ascorbate peroxidase and forage yield of two safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.)

**Maryam Delfani [1], Ali Hatami* [1], Said Pourdad [2], Zahra tahmasebi [1], Farshid Fattah nia[3], Mohmmadreza Jahansooz [4]**

**[1]Department of Agronomy and Plant breeding, College of Agriculture, University of Ilam, Ilam**
**[2]Department of Dryland Research Institute**
**[3]Department of Animal science, College of Agriculture, University of Ilam, Ilam**
**[4]Department of Agronomy and Plant breeding, College of Agriculture, Tehran University, Tehran**
**(Received: 26/07/2017, Accepted: 80/50/2018)**

**Abstract**

Due to the high resistance of safflower to environmental severe conditions, many researchers use this plant as a model to explore and understand its defense mechanisms against environmental stresses. In this regard, an experiment was carried out to investigate the response of photosynthetic pigments and catalase and ascorbate peroxidase to forage plant density of two safflower cultivars under supplemental irrigation conditions at the research farm of Faculty of Agriculture, Ilam University, during academic year 2016-2017. The experiment was conducted in a split-factorial design. The main factor was irrigation at two levels (supplementary irrigation and dry-land) and sub –factors included the mixture treatments of density levels (20, 30, 40, 50 and 60 kg/ha) and cultivars (Goldasht and Faraman), which were performed in three replications. The results of evaluation of these traits showed that the highest total chlorophyll content, a and b, occurred in supplementary irrigation treatment with an average of 12.12, 9.44 and 2.56 µg/ml respectively, and carotenoid content was not affected by any of the treatments. The main treatment of density 40 (kg/ha) with an average of 89.89 µmol/gFw caused the highest amount of anthocyanin. Also, the main treatment of Faraman cultivar (37.21 µmol/gfw) had better performance in terms of anthocyanin than did Goldasht (35.24 µmol / gFw). The highest amount of flavonoids was obtained from the 50 (kg/ ha) density with an average of 5% /08. Catalase enzyme was more effective in dry-land treatment (0.005%). In addition, the densities of 50 and 60 (kg/ha) with an average of 0.005 and 0.07%, respectively, achieved superiority in both antioxidants catalase and ascorbate peroxidase. The highest amount of dry forage yield was observed in the main treatments of supplementary irrigation (30.2 kg/ha) and mixture treatments of density 60 (kg ha-1) × Faraman cultivar (34.2 kg ha-1). Finally, supplementary irrigation treatment increased the photosynthetic pigments and increasing planting density was so effective in increasing the activity of both enzyme and non-enzyme antioxidants that improved the adaptability and drought resistance and enhanced performance (yield) in semi-arid regions (the area where the experiment was conducted).

**Keywords:** Ascorbate Peroxidase, Catalase, Chlorophyll, Safflower

.

Corresponding author, Email: hatamiali55@yahoo.com

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1398.8.32.5.3 ]