گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۳)، ۹(۲): ۲۶۱-۲۷۶

مقاله پژوهشی

اثر رژیم‌های مختلف کم‌آبیاری بر فریژ کنتاکی: ارزیابی کیفیت ظاهری و شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک

محمد اکبری[۱]، محمدرضا صالحی سلمی[۲]، نورعلی ساجدی[۳]، مسعود گماریان[۴]، مهدی چنگیزی[۳]

۱. گروه باغبانی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، رامین

۳. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک

۴. گروه بهنژادی و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک

salehi@asnrukh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۱۲، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۷/۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۴

چکیده

برای بررسی واکنش‌های مورفوفیزیولوژیک فریژ کنتاکی به رژیم‌های مختلف آبیاری، پژوهشی به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. بذرهای این چمن در گلدان‌های استوانه‌ای به قطر ۲۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر در شرایط گلخانه‌ای کشت شدند. پس از گذشت شش ماه و استقرار کامل، ۳ تیمار آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای) به‌کار رفت و ویژگی‌های مورد بررسی در چهار زمان مختلف (صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از شروع تیمارهای آبیاری) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان تنش خشکی، ماده حاصل از سربرداری، کیفیت چمن، محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل برگ به ویژه در آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای کاهش یافت. همچنین با طولانی شدن تنش، مالون دی‌آلدهید و پرولین به شدت افزایش پیدا کرد. بررسی میزان کربوهیدرات‌های محلول نشان داد که با گذشت زمان در تیمار آبیاری ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای این شاخص افزایش و در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای این شاخص تا روز پانزدهم افزایش و سپس کاهش یافت. نتایج نشان داد که میزان آب مصرفی به ترتیب در رژیم‌های آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای بیشترین بود. این نتایج اثر حیاتی رژیم‌های آبیاری را بر سلامت و تحمل تنش فریژ کنتاکی، با پیامدهایی برای شیوه‌های مدیریت منابع آب در فضای سبز نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: دیداری، خشکی، سبزفرش، مالون دی آلدهید.

مقدمه

خشکی یکی از مضرترین تنش‌های نازیوا برای رشد چمن در مناطق گسترده‌ای از جهان محسوب می‌شود. بسیاری از گونه‌های فصل سرد چمن توانایی سازگاری با خشکی‌های طولانی مدت را به‌ویژه در ماه‌های گرم سال ندارند. کاهش کیفیت چمن در اثر تنش خشکی یکی از نگرانی‌های اصلی مدیران فضای سبز است (Beard & Sifers, 1997). بنابراین گسترش روش‌های

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

مدیریتی برای افزایش تحمل چمن‌ها به خشکی در مناطق خشک و نیمه خشک ضروری است. یکی از راهکارهای افزایش تحمل گیاهان به خشکی، پرهیز از خشکی با کاهش از دست دادن آب می‌باشد که ممکن است با کاهش رشد شاخه و سطح برگ و کاهش تقاضا برای آب به دست آید. همچنین افزایش تحمل به خشکی می‌تواند از راه تنظیم اسمزی به‌وجود آید که اجازه می‌دهد تا گیاهان به حفظ آب[۱] یاخته برگ و حفظ فعالیت‌های متابولیک در زمان خشکی بپردازند (Nilsen & Orcutt, 1996). همچنین عوامل مولکولی و فیزیولوژیک در آسیب تنش خشکی درگیر هستند (Etemadi *et al*., 2015). شرایط تنش‌زا آسیب‌هایی را به یاخته‌های گیاهی از راه انباشت اضافی گونه‌های فعال اکسیژن[۲] (ROS) مانند پراکسید هیدروژن سبب می‌شود، که می‌تواند آسیب‌های اکسیداتیوی به اجزای تشکیل دهنده یاخته ای وارد کند. ROS می‌تواند بر فعالیت‌های آنزیم آنتی‌اکسیدانی که منجر به شکل‌گیری لیپید پراکسید و مالون‌دی آلدئید[۳] (MDA) شود، اثر گذارد (Gao *et al*., 2008).

چمن نیز مانند سایر گیاهان دارای مکانیسم‌های تحمل، پرهیز و فرار از خشکی است. هر یک از این مکانیسم‌ها منحصر به یک گونه خاص نیست و در حقیقت یک گونه چمن می‌تواند دارای چندین مکانیسم تحمل به خشکی باشد. گونه‌ها و ارقام چمن از لحاظ مقاومت به خشکی متفاوتند، بنابراین استفاده از گونه‌ها و ارقام متحمل به خشکی، مهمترین ابزار در کاهش میزان آب مورد استفاده در زمین‌های چمن‌کاری شده است. با این حال گسترش ارقام متحمل کار ساده‌ای نیست، چون صفت تحمل به خشکی یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی از ژن‌ها و مکانیسم‌های فیزیولوژیک کنترل می‌شود. از لحاظ تحمل به خشکی، گوناگونی ژنتیکی زیادی بین ارقام و گونه‌های چمن وجود دارد (Pessarakli, 2008). ارقام یک گونه نیز گوناگونی زیادی در تحمل به خشکی دارند. در مناطقی که محدودیت آب وجود دارد، از میان روش‌های جلوگیری از هدرروی آب، استفاده از گونه‌ها و ارقام باریک برگی که قابلیت پرهیز، تحمل و یا فرار از خشکی را داشته باشند، برای حفظ کیفیت چمن لازم می‌باشد (Salehi *et al*., 2013).

در پژوهش Sheikh-Mohammadi و همکاران (2017) میزان تحمل چاوی چندساله ایرانی[۴] به شرایط خشکی بررسی شد. نتایج نشان داد که به‌طور قابل توجهی کیفیت ظاهری گیاهان در برابر خشکی کاهش پیدا کرد. همچنین خشکی سبب کاهش محتوای کلروفیل و محتوای پرولین و افزایش مالون دی آلدئید شد. در مطالعه Cohen و همکاران (2019) اثرات فیزیولوژیک تنش خشکی بر چمن ژاپنی[۵] در شرایط مزرعه‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش رشد عمودی گیاه و تجمع زیست توده گردید. همچنین میزان کلروفیل کاهش و میزان آبسیزیک اسید افزایش یافت.

با توجه به اینکه تجزیه و تحلیل شاخص‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک در طی زمان می‌تواند به فهم چگونگی تحمل و یا مقاومت گیاه به شرایط کمبود آب کمک کرده و در بهنژادی و ایجاد مقاومت به خشکی در گیاهان دخیل باشد، بنابراین هدف این مطالعه شناسایی شیوه‌های آبیاری بهینه است که می‌تواند کیفیت‌های زیبایی شناختی و عملکردی چمن فریز کنتاکی[۶] را در طول چرخه رشد آن حفظ یا بهبود بخشد. کاربرد این پژوهش به ویژه برای فضای سبز، زمین‌های ورزشی و مدیریت چمن، که در آن حفظ چمن با کیفیت بالا ضروری است، مرتبط است.

۱- Hydration
۲- Reactive Oxygen Species
۳- Malondialdehyde
۴- *Lolium perenne*
۵- *Zoysia japonica*
۶- *Poa pratensis*

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۲ در مرکز تولیدات گیاهی شهرداری دورود در شرایط گلخانه‌ای اجرا شد. بذرهای فریژ کنتاکی رقم 'Geisha' با ۹۰٪ تنژگی تهیه و در گلدان‌های پلی‌وینیل کلرید[1] به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر و قطر ۲۳ سانتی‌متر شامل خاک لومی رسی (جدول ۱) کاشته شد. سپس گلدان‌ها در گلخانه‌ای با شرایط طول روز طبیعی، دمای ۲۳-۱۵ درجه سلسیوس (شب-روز) و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۶۰٪ نگهداری شدند، تا گیاهان مستقر شوند. برای پیشگیری از هر گونه تنش خشکی در طول استقرار چمن به مدت ۶ ماه و هر ۳ روز یکبار، آبیاری در حد ظرفیت مزرعه‌ای انجام شد. همچنین گیاهان با سرزنی پیوسته در ارتفاع ۵ سانتی‌متری نگهداری شدند. برای تأمین مواد غذایی، از کود شیمیایی ۱۰-۵-۱۰ (آرمان سبز آدینه) به میزان ۵ گرم برای هر گلدان و هر دو هفته یک‌بار استفاده شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک مورد استفاده.

Table 1- Some characteristics of the soil used.

بافت خاک Soil Texture	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر قابل‌جذب Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل‌جذب Potassium (mg/kg)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec (dS/m)	نسبت جذب سدیم SAR	ظرفیت مزرعه‌ای FC (%)	نقطه پژمردگی دائم PWP (%)
سیلتی رسی Clay-Silt	0.1	5.2	248	7.8	2.93	4.1	43.52	17.24

این پژوهش به‌صورت کرت خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد تا روند اثرات تنش کمبود آب روی چمن فریژکنتاکی بررسی شود. رژیم‌های آبیاری شامل سه رژیم آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و هر پنج روز یک‌بار بود. زمان‌های اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد بررسی روزهای صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ام پس از شروع رژیم‌های آبیاری متفاوت بود. ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری شامل موارد زیر بود:

کیفیت ظاهری: برای این منظور از برنامه ملی ارزیابی چمن (NTEP, 1999) استفاده گردید. این روش از طریق ارزیابی‌های مشاهده‌ای پژوهش‌گر صورت می‌گیرد. این ارزیابی‌ها شامل استقرار، رنگ، یکنواختی، تراکم و بافت برگ است. ارزیابی رنگ ظاهری از طریق کیفی و با استفاده از روش Morris (2002) انجام شد. اندازه‌گیری‌ها ساعت ۱۱ صبح و جهت حرکت ارزیاب در تمام تکرارها یکسان بود. به این منظور در پایان پژوهش بر اساس برنامه ملی ارزیابی چمن امریکا، کیفیت ظاهری گیاهان بر اساس ۱ تا ۹ امتیازدهی شد، که یک برابر با چمن‌های زرد، نازک و غیر یکنواخت و شش برابر با حداقل کیفیت قابل قبول و نه برابر با کیفیت، تراکم و یکنواختی ایده‌آل است.

وزن روشاخساره: روشاخساره سربرداری شده در هر بازه اندازه‌گیری به طور مجزا وزن و بر اساس گرم بر روز برای هر گلدان ارائه گردید.

۱- PVC

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

آب مورد استفاده: برای محاسبه این شاخص، حجم آب مورد استفاده در هر بازه اندازه‌گیری محاسبه و بر تعداد روز (۱۵ روز) تقسیم گردید و بر اساس میلی‌لیتر بر روز برای هر گلدان ارائه گردید.

محتوای نسبی آب (RWC): نمونه‌های برگی تازه (۲۰۰ میلی‌گرم) از همه پلات‌ها جمع‌آوری و در یک پتری‌دیش پرشده با آب مقطر برای ۲۴ ساعت قرار گرفت. سپس آب سطحی روی برگ‌ها با دستمال کاغذی خشک شد و برگ‌ها وزن شدند و مجدد در دمای ۸۰ درجه‌ی سلسیوس خشک شدند. پس از ۴۸ ساعت، وزن خشک اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب با استفاده از فرمول ارائه شده توسط Barrs و Weatherley (۱۹۶۲) محاسبه گردید.

وزن ریشه: در پایان پژوهش (روز ۴۵)، گیاهان از گلدان خارج و پس از شستشوی گل‌ولای، ریشه جدا گردید و وزن شد.

کلروفیل کل: نیم گرم از قسمت میانی برگ‌ها برای اندازه‌گیری انتخاب شد و در یک لوله آزمایشی حاوی ۵ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید[1] (DMSO) قرار داده شد. لوله‌ها در یک حمام آب با دمای ۶۵ درجه‌ی سلسیوس به‌مدت چهار ساعت قرار داده شد. پس از سرد شدن، یک میلی‌لیتر از مایع رویی در یک کووت قرار داده و جذب آن در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر (Spectronic 20D) اندازه‌گیری شد. غلظت کلروفیل با استفاده از معادله Aron (۱۹۴۹) محاسبه گردید.

پرولین: برای اندازه‌گیری غلظت پرولین برگ از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. بر اساس این روش عصاره‌ی ۰/۲ گرم برگ از هر نمونه با محلول آبی اسید سولفوسالیسیلیک ۳٪ استخراج شد و از معرف نین‌هیدرین استفاده گردید. غلظت پرولین با توجه به منحنی استاندارد پرولین در دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد.

کربوهیدرات‌های محلول: عصاره‌ی نمونه‌های برگ‌های خشک با اتانول ۹۰٪ استخراج شد. پس از سانتریفیوژ، مایع رویی جمع‌آوری و یک میلی‌لیتر از محلول فنل (۱۸٪) و ۵ میلی‌لیتر از اسید سولفوریک غلیظ شده اضافه شد. مخلوط به خوبی تکان داده شد و جذب در طول موج ۴۹۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Buysse & Merckx, 1993).

مالون دی آلدئید (MDA): ابتدا برگ در محلول تری‌کلرواستیک اسید ۵٪ هموژنیزه و سپس سانتریفیوژ گردید. مایع رویی با محلول تری‌کلرواستیک اسید ۲۰٪ حاوی اسید تیوباربیتوریک ۰/۵٪ مخلوط شد. سپس مخلوط ابتدا گرم و به‌سرعت سرد شد. جذب با استفاده از اسپکتروفتورمتر در طول موج‌های ۵۳۲ نانومتر و ۶۰۰ نانومتر قرائت شد (Heath & Parker, 1968).

واکاوی داده‌ها: این پژوهش به‌صورت آزمایش کرت خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. برای واکاوی داده‌ها از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با خطای استاندارد انجام شد.

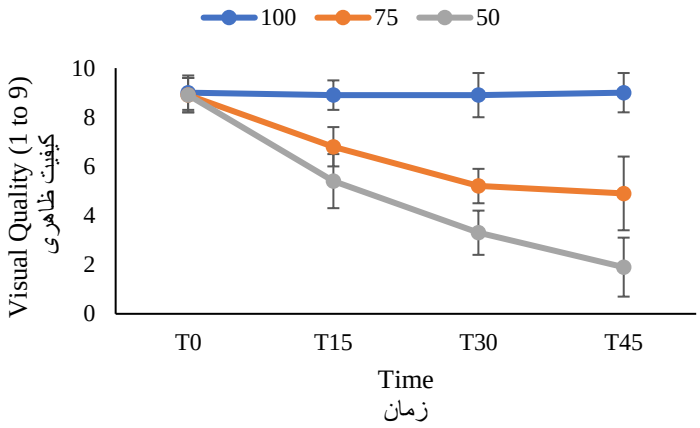
نتایج و بحث

بررسی کیفیت ظاهری چمن فریژکنتاکی نشان داد که سطوح مختلف خشکی بر این شاخص موثر بودند، به‌گونه‌ای که در سطح آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای کیفیت ظاهری به تقریب ثابت بود و میزان آن در حدود ۸/۹ تا ۹ بود. در رژیم‌های ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، کیفیت ظاهری کاهش یافت. تا روز ۱۵ام اختلاف معنی‌داری بین دو سطح تنش یاد شده وجود نداشت ولی در روزهای ۳۰ام و ۴۵ام پس از اعمال تنش خشکی، کیفیت ظاهری در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای به شدت کاهش یافت. به‌گونه‌ای که کمترین کیفیت ظاهری مربوط به تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، در روز ۴۵ام شروع تنش خشکی بود (شکل ۱).

۱- Dimethyl sulfoxide

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

خشکی با اثر منفی بر میزان رشد شاخساره، سبب کاهش تراکم و عرض برگ‌ها می‌شود. با توجه به این‌که برگ نمایان‌گر بافت چمن است و بافت چمن نیز یکی از مولفه‌های اصلی کیفیت ظاهری است، بنابراین خشکی، کیفیت چمن را کاهش داد. از سوی دیگر کاهش میزان کلروفیل، که از اثرهای تنش خشکی است، بر رنگ چمن که یکی از نمادهای کیفیت است، اثرگذار است. این عوامل در کنار افزایش سوختگی برگ‌ها و کاهش تراکم چمن سبب کاهش کیفیت چمن می‌گردند (Zadehbagheri *et al.*, 2016). برای چمنی مثل فریز کنتاکی که از طریق نیساگ و به‌صورت رونده گسترش می‌یابد، هر چه جوانه‌های رویشی در سطح زمین بیشتر باشد، به دلیل ایجاد نقاط رشدی و امکان گستردگی بیشتر، چمنی متراکم‌تر به‌وجود می‌آورد. با این وجود تنش خشکی منجر به کاهش تراکم و کیفیت چمن شد. Bian و Jiang (2009) گزارش کردند کیفیت فریز کنتاکی در برابر تنش خشکی، در طی ۵ روز تا حد زیادی کاهش پیدا کرد که با ارزیابی انجام شده روی فریز کنتاکی در این پژوهش همسویی دارد.



شکل ۱- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر کیفیت ظاهری فریزکنتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

Figure 1- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on the visual quality of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

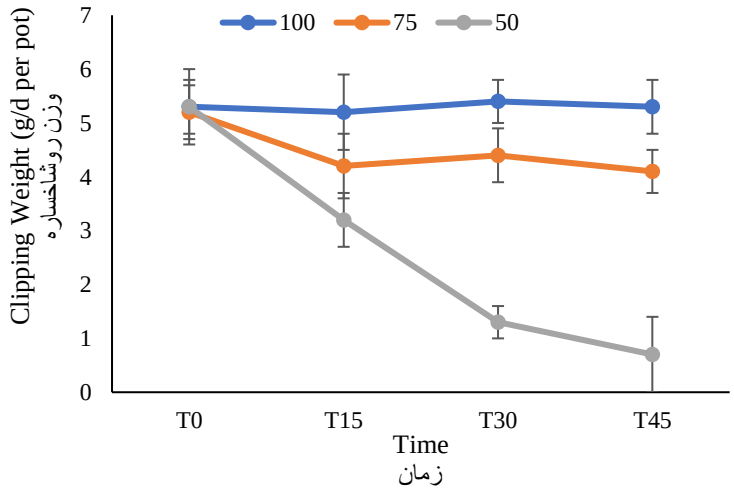
نتایج شاخص سربرداری نشان داد که دوره‌های آبیاری می‌تواند بر میزان این شاخص مؤثر باشد. با شروع تنش خشکی به‌ویژه تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، از میزان روشاخساره سربرداری شده چمن کاسته شد. در آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، میزان روشاخساره در حدود ۵/۲ تا ۵/۴ گرم در روز برای هرگلدان بود. در تیمار ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای، میزان این شاخص از روز ۱۵ام به بعد تقریباً ثابت باقی ماند و بین روزهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای با گذشت زمان میزان روشاخساره به شدت کاهش یافت، به‌گونه‌ای که کمترین میزان این شاخص مربوط به روز ۴۵ام بود (۰/۷ گرم در روز برای گلدان). با این وجود بین روزهای ۴۵ام و ۳۰ام در نمونه‌های آبیاری شده با ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲).

از جمله اثرات فیزیولوژیکی خشکی روی گیاهان، کاهش رشد رویشی به‌ویژه رشد شاخساره است. کاهش بخش هوایی در باریک‌برگان یک مکانیسم مناسب و سازگار کننده در زمان وقوع تنش‌های شدید رطوبتی است. تنش شدید، توسعه‌ی سلولی را در ناحیه رشد به شدت محدود می‌سازد (Salehi *et al.*, 2013). با توجه به مصرف بالای آب در چمن، با شدیدتر شدن خشکی،

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

کاهش مادهی خشک حاصل از سربرداری در چمن مورد مطالعه مشاهده شد. پژوهش‌ها نشان داد که رژیم‌های آبیاری خود به تنهایی عامل کاهش طویل شدن یاخته‌ها و در نتیجه کاهش ارتفاع و مواد خشک حاصل از سربرداری است که این تایید کنندهی نتایج این بخش از بررسی می‌باشد (Jiang & Fry, 2009).

در پژوهشی گزارش شد در سه گونهی چمن با طولانی شدن تنش خشکی میزان رشد اندام هوایی، رنگ و عرض برگ کاهش یافت (Minavi *et al*., 2017). نتایج پژوهش دیگری نشان داد که خشکی سطحی خاک اثری روی تولید مواد خشک شاخساره در فریژ کنتاکی نداشت، اما باعث کاهش ۱۹٪ی مواد خشک در چمانواش بلند[1] شد (Fu & Huang, 2001). به گزارش Salehi و همکاران (2013) تیمار خشکی باعث کاهش وزن خشک شاخسارهی رقم‌های حساس به خشکی چمانواش بلند نسبت به رقم‌های مقاوم شد. با توجه به اینکه در زمان بروز تنش خشکی برای جلوگیری از هدرروی آب از طریق تعرق، روزنه‌ها بسته می‌شوند، میزان دی‌اکسید کربن در دسترس گیاه برای انجام فتوسنتز نیز کاهش می‌یابد. با کاهش فتوسنتز، میزان ساخت کربوهیدرات‌ها نیز کاهش یافته و به تبع آن وزن خشک اندام هوایی نیز کم می‌شود. این کاهش در ارقام حساس به خشکی با شدت بیشتری تظاهر می‌یابد (Salehi *et al*., 2013).



شکل ۲- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر وزن روشاخساره (گرم در روز برای هر گلدان) فریژکنتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

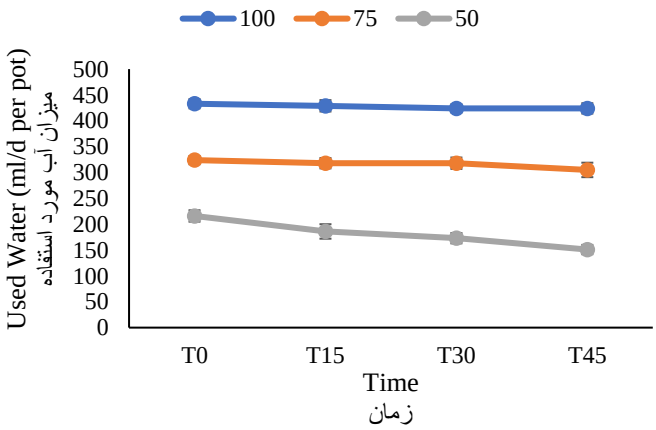
Figure 2- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on clipping weight (g/d per pot) of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

بررسی میزان آب مورد استفاده در رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و بیشترین آب مورد استفاده در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و کمترین میزان مربوط به تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای بود (شکل ۳). در رژیم‌های آبیاری ۱۰۰ و ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای، با گذشت زمان اعمال تیمارها، میزان آبیاری ثابت باقی ماند، به‌گونه‌ای که بین روز اول و ۴۵ام شروع تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای با گذشت زمان میزان نیاز آبی کاهش یافت. به گونه‌ای که کمترین میزان مربوط به روز ۴۵ام بود (۱۵۱ میلی‌لیتر در روز برای هر گلدان).

۱- Tall fescue

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

تأثیر تنش خشکی در مصرف آب بسته به گونه گیاهی، مرحله فنولوژیک مواجه با تنش خشکی و شدت تنش متفاوت است (Keshavars *et al.*, 2012). در پژوهشی میزان مصرف آب دو رقم چمانواش تحت تنش آبی در روش آبیاری سنتی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان مصرف آب هر دو رقم چمانوش در تیمارهای مختلف آبیاری تغییر معنی‌داری نداشت. بنابراین کاهش مقدار آب آبیاری تأثیر روی بهره‌وری آب نداشته است و می‌توان از تیمار آبیاری ۵۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای استفاده کرد (Emadi *et al.*, 2021). نتایج این گزارش با پژوهش حاضر غیرهمسو بود که علت می‌تواند نوع گونه مورد بررسی باشد.



شکل ۳- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر میزان آب مورد استفاده (میلی‌لیتر در روز برای هر گلدان) فریزکتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

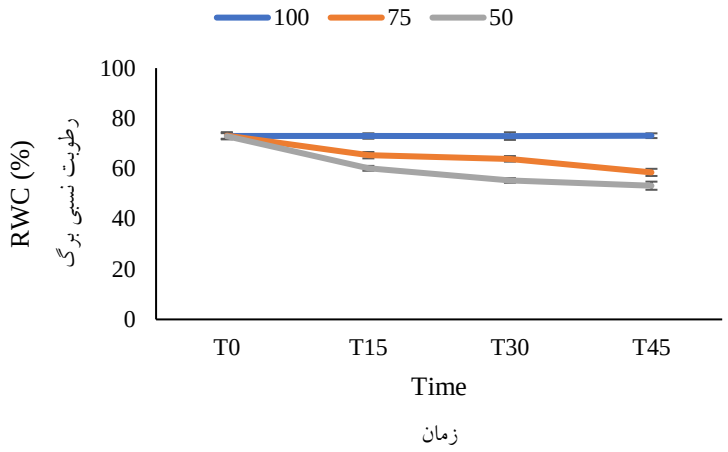
Figure 3- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on used water (ml/d per pot) of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

نتایج نشان داد بین نمونه‌های تیمار شده با رژیم‌های مختلف آبیاری و در روزهای اندازه‌گیری متفاوت میزان رطوبت نسبی آب برگ اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۴). بیشترین میزان رطوبت نسبی آب برگ در روز اول شروع تیمارها و همچنین تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری بود (۷۲ تا ۷۳/۱٪). با گذشت زمان میزان این شاخص در تیمارهای ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای کاهش یافت و کمترین میزان این شاخص در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و در روز ۴۵ام بود (۵۳/۲٪).

یافته‌های این پژوهش، نشان‌دهنده تفاوت قابل‌توجهی در رطوبت نسبی آب برگ بین نمونه‌های تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و در روزهای اندازه‌گیری مختلف است. روند مشاهده شده، که در آن بیشترین رطوبت نسبی آب برگ در روز اول تیمار و برای تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای ثبت شد، نشان می‌دهد که شرایط رطوبت اولیه خاک نقش مهمی در حفظ وضعیت آب برگ دارد که این نتایج با گزارش Peng و همکاران (2024) همسو می‌باشد. در آن پژوهش از پهپادها برای نظارت بر محتوای آب برگ چمن تحت تیمارهای مختلف آبیاری استفاده شد و حساسیت چمن را به دسترسی اولیه به آب برجسته کرد. با گذشت زمان، کاهش رطوبت نسبی در تیمارهای ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای نشان دهنده پاسخ گیاهان به کاهش دسترسی به آب است. این پژوهش با یافته‌های Buckley و Sack (2019) همسویی دارد، که در مورد پیامدهای اشباع نشدن فضاهای هوایی بین یاخته ای برگ بر فیزیولوژی گیاه تأکید کردند و بیان کردند که رطوبت برگ همیشه با شرایط محیطی در تعادل نیست. کمترین رطوبت

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

نسبی مشاهده شده در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای در روز ۴۵، تأثیر طولانی مدت تنش آبی بر وضعیت آبی برگ را نشان می‌دهد (Bozkurt *et al.*, 2021).



شکل ۴- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر میزان رطوبت نسبی برگ (درصد) فریژکنتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

Figure 4- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on RWC (%) of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

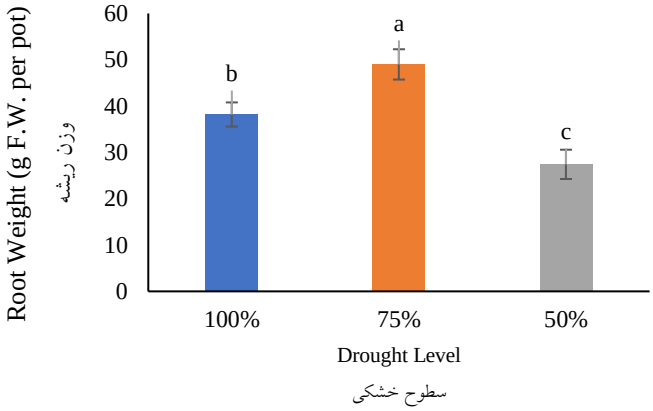
نتایج نشان داد وزن تر ریشه‌ی نمونه‌های تیمار شده با رژیم‌های مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۵). بیشترین میزان وزن تر ریشه مربوط به تیمار ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای (۴۹ گرم برای هر گلدان) و کمترین میزان این شاخص در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد (۲۷/۴۲ گرم برای هر گلدان).

نتایج پژوهش Jordan و همکاران (2005) در زمینه‌ی مدیریت چمن اروای خزنده[1] بیانگر این بود که آبیاری با فواصل طولانی، ریشه عمیق‌تری را نسبت به آبیاری هر روز یا دو روز یکبار به همراه داشت که با نتایج حاصل از تنش ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای پژوهش حاضر همسو بود. گیاهان بسته به شدت تنش، عکس‌العمل‌های کاملاً متفاوتی را نسبت به تنش نشان می‌دهند؛ به‌طوری‌که گیاهان در شرایط خشکی متوسط با اتخاذ راهبردهای مورفولوژیکی ویژه‌ای مانند گسترش ریشه تا اعماق بیشتری از خاک، قادرند تا در شرایط تنش خشکی، مقدار آب بیشتری را در بافت‌هایشان ذخیره کنند. عمق توسعه‌ی ریشه و رشد جانبی آن هر دو از ویژگی‌های مهم ریشه هستند که عمدتاً تحت تأثیر توارث، شرایط محیطی و اثر متقابل بین این دو قرار می‌گیرند (Minavi *et al.*, 2017). تفاوت در عمق ریشه‌دهی، مقدار و زمان آب قابل استفاده برای گیاه را تغییر می‌دهد. در پژوهشی نیز نشان داده شد که طول ریشه‌ها همبستگی معنی‌داری با تحمل به خشکی جمعیت‌های چمانواش بلند مورد مطالعه داشت (Salehi *et al.*, 2013). نتایج پژوهش انجام شده توسط Richardson و همکاران (2008) نشان داد که تنوع گسترده‌ای در تحمل به خشکی بین ارقام مختلف فریژ کنتاکی وجود دارد، اما ارتباط معنی‌داری بین عمق ریشه‌دهی و تحمل به تنش دیده نشد. در

۱- Bentgrass

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

پژوهش حاضر نیز بین میزان ریشه و تحمل به خشکی فریژ کنتاکی ارتباط معنی‌داری دیده نشد. این امر نشان می‌دهد که سایر پارامترهای مورفوفیزیولوژیک در ایجاد تحمل به تنش خشکی نقش دارند.



شکل ۵- برهمکنش رژیم‌های آبیاری بر وزن ریشه (گرم وزن تر برای هر گلدان) فریژکنتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی ستون‌ها نشان‌دهنده ±انحراف معیار است. ستون‌هایی با حروف مشابه، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

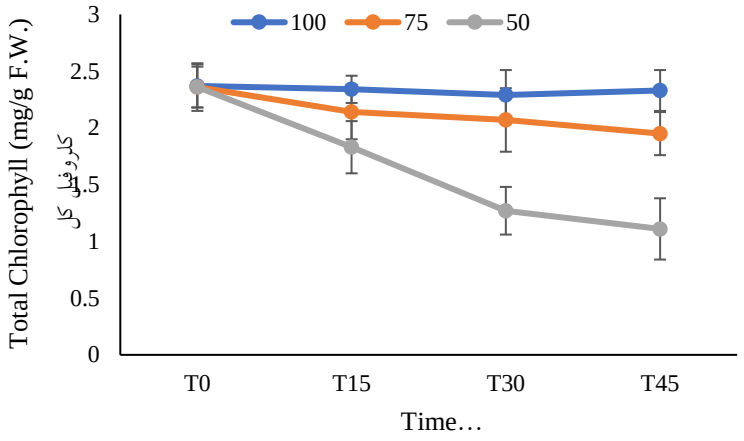
Figure 5- The interaction of irrigation levels on root weight (g of F.W. per pot) of *Poa pratensis* L. Lines on columns represent ± standard deviation. Columns with the same letters do not have a statistically significant difference at the 5% probability level of Duncan's multi-range test.

نتایج بررسی کلروفیل کل برگ نشان داد که رژیم‌های آبیاری تأثیر متفاوتی بر میزان این شاخص داشتند (شکل ۶). بین رژیم‌های آبیاری ۱۰۰ و ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری کلروفیل کل، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در سطح آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای با گذشت زمان میزان این شاخص کاهش یافت. به‌طورکلی کمترین میزان کلروفیل در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و در روز آخر اندازه‌گیری (۱/۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بیشترین میزان این شاخص در روز اول اندازه‌گیری در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای بود (۲/۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر).

به گزارش Bian و Jiang (2009) نیز با خشکی شدید خاک در فریژ کنتاکی و چمانواش بلند میزان کلروفیل برگ کاهش پیدا کرد. Jiang و Huang (2004) نیز کاهش غلظت کلروفیل برگ‌ها در تنش خشکی را گزارش کردند و علت این امر را تخریب غشاء در اثر تنش اکسایشی[۱] عنوان نمودند.

۱- Oxidative stress

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]



شکل ۶- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر میزان کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر) فریزکنتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

Figure 6- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on total chlorophyll (mg/g of F.W.) of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

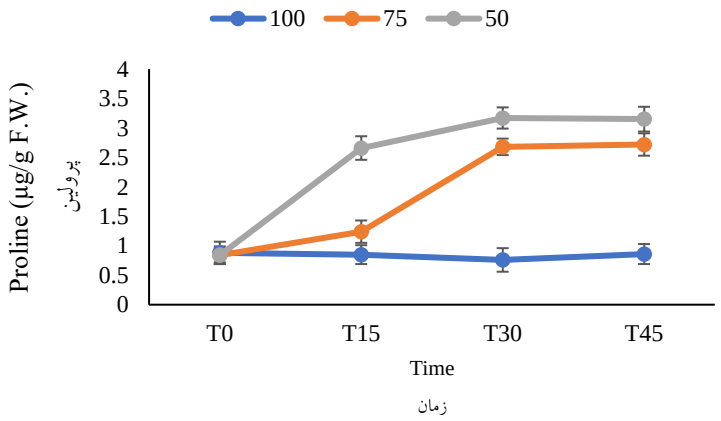
بررسی میزان پرولین برگ نشان داد که در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، این شاخص تقریباً روندی ثابت داشت و در حدود ۰/۷۶ تا ۰/۸۸ میکروگرم بر گرم وزن تر بود و بین زمان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۷). در تیمارهای ۷۵ و ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای میزان این شاخص با گذشت زمان اعمال تیمار روندی افزایشی داشت. میزان پرولین در نمونه‌های تیمار شده در سطح آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به نمونه‌های آبیاری شده در سطح ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای بیشتر بود. به‌گونه‌ای که بیشترین میزان (۳/۱۵ میکروگرم بر گرم وزن تر) پرولین در تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و در روز ۴۵ام اندازه‌گیری بود.

گیاهان تمایل دارند که با فرآیندی به نام تنظیم اسمزی به تنش خشکی غلبه پیدا کنند و پتانسیل اسمزی یاخته ای خود را با تجمع مواد محلول کاهش دهند. در پاسخ به تنش خشکی، فرآیندهای متابولیکی خاصی صورت می‌گیرد که غلظت مواد محلول خالص را در یاخته افزایش می‌دهد و در نتیجه باعث حرکت آب به یاخته‌های برگ و افزایش فشار آماس می‌شود (Etemadi *et al.*, 2015). ترکیبات زیادی وجود دارند که نقش کلیدی را در حفظ تعادل اسمزی و حفاظت غشاء و ماکرومولکول‌ها بر عهده دارند. این ترکیبات شامل پرولین، گلوتامات، گلایسین-بتائین، کارنیتین، مانیتول، سوربیتول، فروکتان‌ها، پلی‌اول‌ها، تری‌هالوز، ساکاروز، الیگوساکاریدها و یون‌های معدنی مثل یون پتاسیم هستند (Trovato *et al.*, 2008). این محلول‌های سازگار به نام اسموپروتکتانت[1] و یا اسمولیت شناخته شده‌اند. پرولین توانایی پاکسازی هیدروکسیل را دارد. تجمع پرولین با افزایش تحمل به تنش‌های غیرزنده به‌ویژه تنش خشکی در ارتباط است. گیاهان پرولین را از گلوتامین موجود در برگ‌هایشان سنتز می‌کنند. افزایش بیان ژن‌های مسیر بیوسنتز پرولین تحمل به تنش غیرزنده را در گیاهان تراریخته افزایش داد (Mahajan & Tuteja, 2005). همچنین پرولین می‌تواند در اعمالی از جمله تعدیل پتانسیل اکسیداسیون و احیای یاخته، حذف رادیکال‌های هیدروکسیل، حفظ اسیدیته‌ی یاخته، تثبیت فسفولیپیدهای غشاء، تنظیم پروتئین‌ها و محافظت از آنزیم‌ها در مقابل غیرطبیعی

۱- Osmoprotectant

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

شدن شرایط نقش داشته باشد و به‌عنوان منبع کربن و نیتروژن در یاخته عمل نماید (Chen & Murata, 2000). به گزارش Safari و Salehi (2022) تجمع پرولین رابطه‌ی مثبت و مستقیم با افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های خشکی و شوری دارد که این پژوهش نیز موید همین مطلب است. گزارش مشابه‌ی نیز در مورد تنش خشکی روی چمانواش بلند وجود دارد که مشخص شده تجمع پرولین در سیتوپلاسم به عنوان یک اسمولیت در حفاظت ساختمان ماکرومولکول‌ها در محیطی که تعادل یونی آن بهم خورده عمل می‌کند (Salehi *et al*., 2013).



شکل ۷- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر میزان پرولین (میکروگرم در گرم وزن تر) فریزکتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

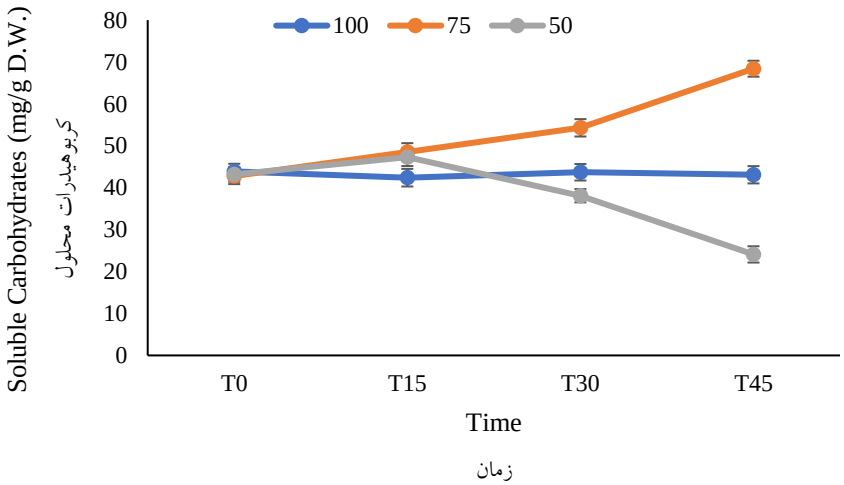
Figure 7- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on proline (µg/g of F.W.) of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

بررسی شاخص کربوهیدرات‌های محلول تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که در سطح آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای با گذشت زمان تا روز ۱۵ام میزان کربوهیدرات‌های محلول افزایش و سپس به‌شدت کاهش یافت. به‌گونه‌ای که کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در روز ۴۵ام این سطح از آبیاری مشاهده شد (۲۴/۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر). در سطح آبیاری ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای میزان کربوهیدرات‌های محلول تا روز آخر اندازه‌گیری روندی افزایشی داشت ولی در سطح آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای میزان کربوهیدرات‌های محلول از ابتدا تا انتهای اندازه‌گیری تقریباً ثابت باقی ماند (شکل ۸).

تغییرات مشاهده شده کربوهیدرات‌های محلول در پاسخ به رژیم‌های مختلف آبیاری، درک ارزشمندی را در مورد پاسخ‌های فیزیولوژیکی گیاه به تنش آبی ارائه می‌دهد. افزایش کربوهیدرات‌های محلول در ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای تا روز ۱۵ام می‌تواند نشان دهنده یک تنظیم اسمزی اولیه باشد، جایی که گیاهان برای حفظ آماس یاخته ای در شرایط کمبود آب، املاح را انباشته می‌کنند. این نتایج توسط پژوهش‌های پیشین تأیید می‌شود که نشان می‌دهد قندهای محلول نقش مهمی در تنظیم اسمزی در مراحل اولیه پاسخ به تنش دارند (Maness, 2010). با این حال، کاهش شدید بعدی در کربوهیدرات‌های محلول مشاهده شده در روز ۴۵ام در همان سطح آبیاری ممکن است منعکس کننده کاهش ذخایر کربوهیدرات یا تغییر در تخصیص کربن به غیراز کربوهیدرات‌های محلول به سمت سایر پاسخ های تنش باشد. این یافته با تحقیقاتی مطابقت دارد که نشان می‌دهد تنش طولانی مدت می‌تواند منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی و در دسترس بودن قند شود (Sinniah *et al*., 1999). در مقابل، افزایش مداوم

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

کربوهیدرات‌های محلول در ۷۵٪ ظرفیت مزرعه تا آخرین روز اندازه‌گیری، پاسخ متعادل‌تر به تنش را نشان می‌دهد، جایی که گیاهان قادر به حفظ یا حتی افزایش تجمع کربوهیدرات هستند، احتمالاً به دلیل تنش کمتر این می‌تواند با حفظ فعالیت فتوسنتزی و تخصیص کربن کارآمد در شرایط تنش متوسط مرتبط باشد. در ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، پایداری سطوح کربوهیدرات محلول از ابتدا تا پایان دوره اندازه‌گیری نشان می‌دهد که گیاهان تنش آبی را تجربه نمی‌کنند و وضعیت ثابتی از متابولیسم کربوهیدرات را حفظ می‌کنند. نتایج با این ایده مطابقت دارد که دسترسی بهینه‌ی آب از نرخ ثابت فتوسنتز و سطوح قند پشتیبانی می‌کند (Zhang *et al*., 2013).



شکل ۸- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر میزان کربوهیدرات‌های محلول (میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) فریژکنتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

Figure 8- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on soluble carbohydrates (mg/g of D.W.) of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

بررسی میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ چمن فریژکنتاکی نشان داد که سطوح مختلف خشکی بر این شاخص موثر بودند، به گونه‌ای که در سطح آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ تقریباً ثابت بود و میزان آن در حدود ۲۲/۸ تا ۲۴/۳ نانومول بر گرم وزن تر بود. در رژیم‌های ۷۵ و ۵۰٪ میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ افزایش یافت، به‌گونه‌ای که بیشترین میزان این شاخص در روز ۴۵ام آزمایش مشاهده شد. همچنین میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ در نمونه‌های تیمار شده با سطح آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای بیشتر بود. به‌طورکلی بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید برگ با مقدار ۵۸/۱ نانومول بر گرم وزن تر مربوط به تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای در روز ۴۵ام شروع تنش حشکی بود (شکل ۹).

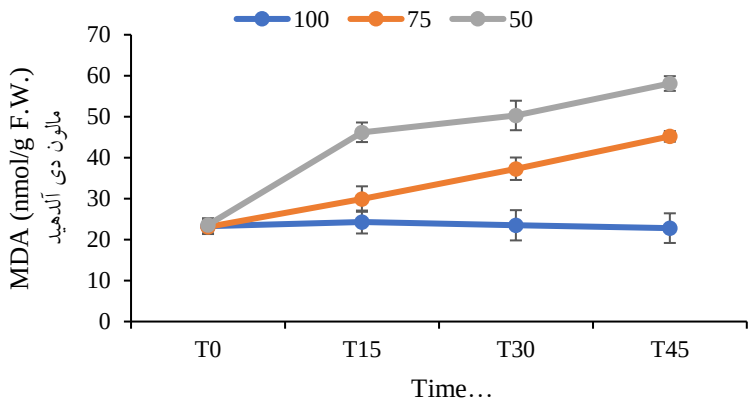
گونه‌های فعال اکسیژن باعث پراکسیداسیون چربی‌ها می‌شوند که منجر به آسیب به غشای سلولی می‌شود (Foyer *et al*., 1994). پراکسیداسیون اسیدهای چرب فرآیندی است که در آن رادیکال‌های آزاد از اسیدهای چرب غشای سلولی الکترون می‌گیرند و منجر به آسیب سلولی می‌شوند. این فرآیند، بیشتر اسیدهای چرب غیراشباع را تحت تأثیر قرار می‌دهد، زیرا این اسیدهای چرب حاوی پیوندهای دوگانه‌ی متعددی بین گروه‌های متیلن هستند. پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع توسط گونه‌های فعال اکسیژن می‌تواند منجر به شکسته شدن زنجیره و در نتیجه کوتاه شدن آن شود که مقدار پراکسیداسیون لیپید در

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

گیاهانی که در معرض تنش‌های غیرزنده مختلف قرار می‌گیرند و تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌کنند، افزایش می‌یابد. نتایج مشابهی نشان داد که تنش خشکی مقدار پراکسیداسیون لیپید، درصد آسیب غشایی، تولید پراکسیدهیدروژن و هیدروکسیل را در برگ‌های چمانواش بلند تحت تنش افزایش داد (Salehi *et al*., 2013).

به گزارش Reddy و همکاران (2004) تنش خشکی پراکسیداسیون اسیدهای چرب را القاء کرد که منجر به افزایش نشت یونی گردید. با افزایش شدت تنش خشکی، پراکسیداسیون لیپیدها در ریشه‌ی برنج افزایش پیدا کرد (Sharma & Dubey, 2005). در پژوهشی، Minavi و همکاران (2017) افزایش مقدار تولید مالون‌دی‌آلدهید در چمن‌های ژاپنی که تحت تنش خشکی قرار گرفته بودند را گزارش کردند.

به‌طورکلی مالون‌دی‌آلدهید محصول نهایی پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در فسفولیپیدها بوده و باعث ایجاد آسیب به غشای سلولی می‌شوند. از مالون‌دی‌آلدهید به عنوان شاخصی برای پراکسیداسیون لیپید استفاده می‌شود. پس از بروز تنش، پراکسیداسیون لیپید اتفاق می‌افتد که محصول آن هیدروکربن‌های کوچک مثل کتون‌ها و مالون‌دی‌آلدهید است (Safari & Salehi, 2022). افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید در برگ گیاهان تحت تنش خشکی پس از یک دوره‌ی خشکی با نتایج سایر محققان تطابق دارد (Zhang *et al*, 2013; Reddy *et al*., 2004; Sharma & Dubey, 2005). به‌نظر می‌رسد با گذشت زمان و در تنش شدید ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای، تولید گونه‌های فعال اکسیژن و به دنبال آن تولید مالون‌دی‌آلدهید و تنش اکسایشی بیشتر بوده است. مقادیر بالاتر مالون‌دی‌آلدهید در تنش شدید نسبت به دو تیمار دیگر شدت بیشتر تولید گونه‌های فعال اکسیژن در این تیمار و خسارت‌های بیشتر غشای یاخته را در اثر تنش خشکی نشان می‌دهد.



شکل ۹- برهمکنش رژیم‌های آبیاری در زمان جمع‌آوری نمونه بر میزان مالون دی‌آلدهید (نانومول بر گرم وزن تر) فریژکنتاکی (*Poa pratensis* L.). خطوط روی نقاط نشان‌دهنده ±انحراف معیار است.

Figure 9- The interaction of irrigation regimes at the time of sample collection on MDA (nmol/g of F.W.) of *Poa pratensis* L. Lines on points represent ± standard deviation.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

نتیجه‌گیری کلی

به طورکلی نتایج نشان داد که چمن فریژ کنتاکی در شرایط آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و بدون تنش خشکی، تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در زمان‌های مختلف، روند تقریباً ثابتی داشتند ولی در سطح آبیاری ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و ایجاد تنش شدید، شاخص‌های کیفیت چمن، ماده‌ی حاصل از سربرداری، محتوای نسبی آب برگ، کربوهیدرات های محلول، وزن تر ریشه و محتوای کلروفیل برگ کاهش و میزان مالون دی‌آلدهید و پرولین به شدت افزایش پیدا کرد. در شرایط آبیاری ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای، چمن فریژ کنتاکی توانست با افزایش شاخص‌های مانند پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و وزن تر ریشه مقداری تنش خشکی را تحمل کند. همچنین بیشترین آب مورد استفاده در تیمار ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای و کمترین میزان مربوط به تیمار ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای بو.د با توجه به حساسیت این گونه چمن به تنش خشکی پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی جهت اعمال تنش خشکی از رژیم‌های آبیاری بیش از ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Aron D. (1949). Copper enzymes isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, *24*, 1-15.

Barrs, H.D., Weatherley, P.E. (1962). A re-examination of the relative turgidity techniques for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, *15*, 413-428. doi: 10.1071/BI9620413.

Bates, L.S. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*, *39*, 205-207. doi: 10.1007/BF00018060.

Beard, J.B., Sifers S.I. (1997). Genetic diversity in dehydration avoidance and drought resistance within the *Cynodon* and *Zoysia* species. *International Turfgrass Society*, *8*, 603-610.

Bian, S., Jiang, Y. (2009). Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. *Scientia Horticulturae*, *120*, 264-270. doi: 10.1016/j.scienta.2008.10.014.

Bozkurt, C., Yazar, A., Alghory, A., Tekin, S. (2021) Evaluation of crop water stress index and leaf water potential for differentially irrigated quinoa with surface and subsurface drip systems. *Irrigation Science*, *39*, 81-100. doi:10.1007/s00271-020-00681-4

Buckley, T., Sack, L. (2019). The humidity inside leaves and why you should care: implications of unsaturation of leaf intercellular airspaces. *American Journal of Botany*, *106*, 618-621. doi: 10.1002/ajb2.1282.

Buysse, J., Merck, R. (1993). An improved colorimetric method to quantify sugar content of plant tissue. *Journal of Experimental Botany*, *44*, 1627-1629. doi:10.1093/jxb/44.10.1627

Chen, T.H.H., Murata, N. (2000). Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Current Opinion in Plant Biology*, *5*, 250-257. doi: 10.1016/s1369-266(02)00255-8.

Cohen, I., Netzer, Y., Sthein, I., Gilichinsky, M., Tel-Or, E. (2019). Plant growth regulators improve drought tolerance, reduce growth and evapotranspiration in deficit irrigated *Zoysia japonica* under field conditions. *Plant Growth Regulation*, *88*, 9-17. doi: 10.1007/s10725-019-00484-4.

Emadi, M., Noshadi, M., Ghaemi, A.A. (2021). Investigation of the effect dryness stress and deficit irrigation on water use efficiency and morphophysiological factors in two Festuca grass varieties. *Journal of Water and Soil*, *35*, 227-236. doi: 10.22067/JSW.2021.67723.1002. (In Persian)

Etemadi, N., Sheikh-Mohammadi, M.H., Nikbakht, A., Sabzalian, M.R., Pessarakli, M. (2015). Influence of trinexapac-ethyl in improving drought resistance of wheatgrass and tall fescue. *Acta Physiologiae Plantarum*, *37*, *53*. doi: 10.1007/s11738-015-1799-6.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

Foyer, C.H., Lelandais, M., Kunert, K.J. (1994). Photooxidative stress in plants. *Physiologia Plantarum, 92*, 696-717. doi: 10.1111/j.1399-3054.1994.tb03042.x

Fu, J., Huang, B. (2001). Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool season grasses to localized drought stress. *Environmental and Experimental Botany, 45*,105-114. doi: 10.1016/s0098-8472(00)00084-8.

Gao, C.J., Xing, D., Li, L., Zhang, L.R. (2008). Implication of reactive oxygen species and mitochondrial dysfunction in the early stages of plant programmed cell death induced by ultraviolet-C overexposure. *Planta, 227*, 755-767. doi: 10.1007/s00425-007-0654-4.

Heath, R.L., Parker, L., (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. kinetics and stiochiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 125*, 189-198. doi: 10.1016/0003-9861(68)90654-1.

Jiang, H., Fry, J. (1998). Drought responses of perennial ryegrass treated with plant growth regulators. *HortScience, 33*, 270-273. doi:10.21273/hortsci.33.2.0270

Jiang, Y., Huang, B. (2001). Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolisms and lipid peroxidation. *Crop Science, 41*, 436-442. doi: 10.2135/cropsci2001.412436x.

Jordan, J.E., White, R.H., Thomas, J.C., Hale, T.C., Vietor, D.M. (2005). Irrigation frequency effects on turgor pressure of creeping bentgrass and soil air composition. *Hortscience, 40*, 232-236. doi: 10.21273/HORTSCI.40.1.232,

Keshavars, L., Farahbakhsh, H., Golkar, P. (2012). The effects of drought stress and absorbent polymer on morph-physiological traits of Pear Millet. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3*, 148-154.

Mahajan, S., Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 444*, 139-158. doi: 10.1016/j.abb.2005.10.018.

Maness, N.O. (2010). Extraction and Analysis of Soluble Carbohydrates. *Methods in Molecular Biology, 639*, 341-370. doi: 10.1007/978-1-60761-702-022.

Minavi, H., Salehi Salmi, M.R., Heidari, M., Khaleghi, E. (2017). Investigation on morpho-physiological and biochemical characteristics of three common turfgrasses in xeriscaping. *Journal of Arid Biome, 7*, 43-56. doi: 10.29252/ARIDBIOM.7.2.43 (In Persian).

Montillet, J.L., Chamnongpol, S., Rusterucci, C., Dat, J., Van de Cotte, B., Agnel, J.P., Battesti, C., Inze, D., Van Breusegem, F., Triantaphylides, C. (2005). Fatty acid hydroperoxides and H_2O_2 in the execution of hypersensitive cell death in tobacco leaves. *Plant Physiology, 138*, 1516-1526. doi: 10.1104/pp.105.059907.

Morris, K.N. (2002). A guide to NTEP turfgrass rating. A publication of the National Turfgrass Evaluation Program, *NETP, 11*, 30-39.

Nilsen, E.T., Orcutt, D.M. (1996). Physiology of plants under stress. Abiotic factors. *John Wiley & Sons*, New York. 704 p.

Peng, X., Ma, Y., Sun, J., Chen, D., Zhen, J., Zhang, Zh., Hu, X., Wang, Y. (2024). Lawn leaf moisture prediction from UAVs using multimodal data fusion and machine learning. *Precision Agriculture*, 25, 1609-1635. doi:10.1007/s11119-024-10127-y.

Pessarakli, M. (2008). Hand book of turfgrass management and physiology. *CRC Press*, pp, 431-442.

Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M. (2004). Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology, 161*, 1189-1202. doi: 10.1016/j.jplph.2004.01.013

Richardson, M.D., Karcher, D.E., Hignight, K., Rush, D. (2008). Drought tolerance and rooting capacity of Kentucky bluegrass cultivars. *Crop Science, 48*, 2429-2436. doi:10.2135/cropsci2008.01.0034.

Safari, F., Salehi Salmi, M. (2022). Effect of magnetic field on the morphophysiological characteristics of pot marigold under different levels of drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 23*, 567-584. doi: 20.1001.1.16807154.1401.23.4.2.6 (In Persian)

Salehi, M.R., Salehi, H., Niazi, A., Ghobadi, C. (2013). Convergence of goals: phylogenetical, morphological, and physiological characterization of tolerance to drought stress in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Molecular Biotechnology, 56*, 248-257. doi:10.1007/s12033-013-9703-3.

Sharma, P., Dubey, R.S. (2005). Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. *Plant Growth Regulation, 46*, 209-221. doi:10.1007/s10725-005-0002-2.

Sheikh-Mohammadi, M.H., Etemadi, N., Arab, M.M., Aalifar, M., Arab, M., Pessarakli, M. (2017). Molecular and physiological responses of Iranian Perennial ryegrass as affected by Trinexapac-ethyl, Paclobutrazol and

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

Abscisic acid under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *111*, 129-143. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.11.014.

Sinniah, U.R., Ellis R.H., John, P. (1998). Irrigation and seed quality development in rapid-cycling Brassica: soluble carbohydrates and heat-stable proteins. *Annals of Botany*, *82*, 647-655. doi:10.1006/anbo.1998.0738.

Trovato, M., Mattioli, R., Costantino, P. (2008). Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development. *Rendiconti Lincei*, *19*, 325-346. doi:10.1007/s12210-008-0022-8.

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., Koca, H. (2005). Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science, 168, 223-231. doi: 10.1016/j.plantsci.2004.07.032

Zadehbagheri, M., Salehi Salmi, M.R., Hedayat, S. (2016). The physiological, morphological and bio-chemical comparison of the current grass Shiraz city's landscape with tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Journal of Crop Production and Processing*, *5*, 15-25. doi: 10.18869/acadpub.jcpp.5.18.15. (In Persian).

Zhang Y.P., Zhang, Y.H., Xue, Q.W., Wanga, Z.M. (2013). Remobilization of water-soluble carbohydrates in non-leaf organs and contribution to grain yield in winter wheat under reduced irrigation. *International Journal of Plant Production*, *7*, 97-117. doi: 10.22069/IJPP.2012.924

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]

Flower and Ornamental Plants (2024), 9(1): 261-276
Research article

The influence of irrigation intensity on Kentucky bluegrass: Visual quality and morpho-physiological traits assessment

Mohamad Akbari[1], Mohamadreza Salehi Salmi[2], Norali Sajedi[3], Masoud Gomarian[4], Mehdi Changizi[3]

1. Department of Horticultural Sciences, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak
2. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resource University of Khuzestan, Ramin
3. Department of Agriculture and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak
4. Department of Agronomy and Plant Breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak
Salehi@asnrukh.ac.ir
Received: 2024/06/01, Revised: 2024/10/10, Accepted: 2024/10/15

Abstract
This study investigates the morpho-physiological responses of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) to different irrigation levels. Employing a split plot within a completely randomized design, the experiment was conducted over time with three replications. Kentucky bluegrass seeds were sown in cylindrical pots measuring 23 cm in diameter and 20 cm in height under greenhouse conditions. Irrigation was administered to allow water to egress slowly from the pot's drainage outlets. Following a 6-month growth period and full establishment, three irrigation treatments (100%, 75%, and 50% of field capacity) were applied. Response variables were measured at four intervals: initial (day 0), 15th, 30th, and 45th days post-irrigation commencement. The study revealed a temporal decline in drought stress tolerance, grass quality, relative leaf water content, and chlorophyll levels, with the most pronounced effects observed at 50% field capacity irrigation. Concurrently, prolonged stress conditions led to a marked increase in malondialdehyde and proline concentrations. Analysis of soluble carbohydrates indicated an increase in this metric under the 75% FC irrigation treatment over time. In contrast, the 50% FC treatment showed an initial increase until day 15, followed by a decrease. Water consumption was highest in the 100%, 75%, and 50% FC irrigation treatment, in descending order. The findings highlight the critical impact of irrigation levels on the health and stress tolerance of Kentucky bluegrass, with implications for agricultural practices and water resource management.
Keywords: Dry, Turfgrass, Malondialdehyde, Visual.

[Downloaded from flowerjournal.ir on 2025-08-18]