اثر سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای تیپ بر عملکرد و بهره‌وری آب ارقام یونجه گرمسیری

مسعود صفوی[۱]، علی عصاره[۱*]، محمد خرمیان[۲]، داود خدادادی دهکردی[۱] و اصلان اگدرنژاد[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۴)

چکیده

به‌منظور تعیین تحمل به تنش آبی و بهره‌وری آب (water productivity) یونجه، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در اراضی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد با بافت لوم‌رسی‌سیلتی اجرا شد. عامل اصلی چهار سطح تأمین نیاز آبی (۲۵ ،۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) با دور آبیاری ثابت و عامل فرعی پنج رقم یونجه (بغدادی، یزدی، نیک‌شهری، امید، مساسرسا) بودند. داده‌های عملکرد علوفه و WP برای شش چین (از خرداد تا اول آبان) با نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شد. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه تر و خشک با تنش آبی، کاهش و درصد علوفه خشک افزایش یافت. بیشترین عملکرد و WP علوفه خشک (به‌ترتیب ۱۲/۴ تن در هکتار و ۰/۹۴کیلوگرم بر مترمکعب) از تیمار تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. رقم بغدادی با عملکرد علوفه تر و خشک به‌ترتیب ۳۹/۱ و ۱۰/۷ تن در هکتار و WP علوفه خشک ۰/۹ کیلوگرم بر مترمکعب برتر از سایر ارقام بود. حال آنکه رقم یزدی کمترین عملکرد علوفه تر و خشک (به‌ترتیب ۳۰/۳ و ۸/۵ تن در هکتار) و WP (۰/۷۵ کیلوگرم علوفه خشک بر مترمکعب) را داشت. از این رو برای افزایش بهره‌وری آب رقم بغدادی با تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی برای شرایط مشابه با اقلیم شمال خوزستان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبیاری، یونجه، بهره‌وری آب

۱. گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی‌آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ali_assareh_2003@yahoo.com

مقدمه

آب کشاورزی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است (۱۴). در چنین شرایطی، آبیاری مداوم در فصول بدون بارش برای محصولات زراعی لازم است تا آب مورد نیاز خود را برای تولید بهینه تأمین کنند. یونجه (*Medicago sativa* L.) با قدمت بالا و مهم‌ترین محصول علوفه‌ای (۲۳) از این امر مستثنی نبوده و تولید بهینه آن در شرایط محدودیت آب امکان‌پذیر نیست (۲۵). از ویژگی‌های بیولوژیکی قابل‌توجه این گیاه نسبت به آب می‌توان بازدهی بالای مصرف آب (۷)، ریشه‌های عمیق، ماهیت چند ساله و توانایی پایداری تولید در زمان خشک‌سالی‌های دوره‌ای را نام برد (۲۱). با این وجود افزایش تولید علوفه یونجه تابعی از تبخیر و تعرق گیاه بوده (۱۹) و با افزایش مصرف آب رابطه خطی دارد (۲۳). عملکرد و بهره‌وری علوفه یونجه تابعی از عملکرد هر چین و تعداد چین برداشتی در سال است و این خود تابعی از نوع خاک و مدیریت آبیاری (۲۶)، شرایط اقلیمی و رقم داشته و ممکن است بین ۳ تا ۱۱ نوبت در نوسان باشد. بنابراین، لازم است برای مدیریت بهتر منابع محدود آب، مدیریت کم آبیاری در مزرعه با هدف افزایش بهره‌وری آب مورد توجه قرار گیرد. مطالعات مختلفی درزمینه مقدار بهره‌وری آب علوفه خشک یونجه صورت گرفته است (۱۰). برخی از این مطالعات، بهره‌وری آب علوفه یونجه را ۰/۸۹ تا حداکثر ۲ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کرده‌اند (۲). مطالعات دیگر بهره‌وری آب علوفه خشک یونجه را در مناطقی از کلرادو ۰/۷۶ (۴)، ۰/۷۹ در ایالت آیداهو آمریکا (۲۴) گزارش کرده‌اند. مقایسه ۹ استراتژی قطع آب برای مجموع ۶ چین برداشتی در شرایط اقلیمی منطقه نیومکزیکو آمریکا نشان داد که قطع آب در چین آخر اثر معنی‌داری در کاهش عملکرد علوفه خشک در مقایسه با آبیاری تمام چین‌ها نداشته اما در آب مصرفی ۹۶ میلی‌متر صرفه‌جویی شده است (۹). از این‌رو در شرایط محدودیت آب استفاده از راهکار تداوم آبیاری تا برداشت چین سوم توصیه شده که در این صورت بهره‌وری آب ۲ برابر حالت آبیاری تمام چین‌ها حاصل شد (۱۱). مطالعه میدانی در مرکز تحقیقات و توسعه دانشگاه وایومینگ آمریکا نشان داد که بهره‌وری آب برای تیمارهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای سه رقم یونجه به‌ترتیب ۲/۰۲، ۱/۹۶، ۲/۱۷ و ۱/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب بود (۹). مطالعه واکنش ارقام یونجه در برابر تنش آبی نشان داد که برخی ارقام با بستن روزنه‌های خود تعرق را کاهش و از این طریق بهره‌وری آب افزایش خواهد یافت (۱۳). نتایج مطالعه سه ساله اثر افزایش فاصله آبیاری از ۹ روز به ۱۲ روز برای هفت رقم یونجه (یزدی، بومی، یزدی سلکسیون شده، بغدادی، مساسرسا، بمی، سنتتیک، و نیک‌شهری) در یزد نشان داد که عملکرد علوفه خشک کاهش یافته و رقم مساسرسا با عملکرد ۱۸/۳۷ تن علوفه خشک در هکتار برتر از سایر ارقام بود (۳). مطالعه مشابهی در شرایط اقلیمی اهواز نشان داد که از بین چهار رقم بغدادی، مساسرسا، یزدی و همدانی، رقم بغدادی و آبیاری پس از تخلیه ۸۰ درصد کل آب دردسترس بالاترین بهره‌وری آب (۱ کیلوگرم بر مترمکعب) را داشت (۳). تنش آبی ۱۶ رقم یونجه به‌صورت توقف آبیاری به مدت ۹ هفته در طول تابستان در اقلیم نیمه‌خشک مراکش، باعث کاهش تولید زیست‌توده در کلیه ارقام شد و بین ارقام، اختلاف معنی‌داری در مقدار کاهش زیست‌توده بین ۲۵ تا ۴۱ درصد وجود داشت (۵). با وجود این، مطالعات دیگر نشان داد که تنش آبی تأثیر یکسانی در عملکرد علوفه سه رقم یونجه برای سه چین برداشتی داشته و هیچ‌کدام از اثرهای متقابل بین رقم و تنش آبی، رقم و چین و اثر متقابل رقم، تنش آبی و چین معنی‌دار نبود (۴). کاربرد آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در اقلیم خشک عربستان نشان داد که با اعمال کم‌آبیاری به‌صورت کاهش مقدار آب مصرفی، علوفه تر و خشک یونجه کاهش اما بهره‌وری آب افزایش یافت (۱۶). استفاده از سامانه آبیاری بارانی خودکار دوار مرکزی در منطقه اینر مانگولیا چین با سه سطح تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد تبخیر و تعرق یونجه نشان دادند که با کاهش مصرف آب از ۶۱۷ به ۴۰۵ میلی‌متر بهره‌وری آب از ۲/۱۸ به ۲/۹۸ کیلوگرم

بر مترمکعب افزایش یافت؛ به‌طوری‌که تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه در چین‌های اول و دوم و ۶۰ درصد نیاز آبی در چین سوم برای تولید یونجه در نواحی نیمه‌خشک این منطقه و مناطق مشابه توصیه شد (۲۰). مقایسه سه مقدار آب (۵۲۵۰، ۶۰۰۰ و ۶۷۵۰ مترمکعب در هکتار در سال) با آبیاری قطره‌ای و چهار سطح مصرف فسفر (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال) بر عملکرد و کارایی مصرف آب یونجه نشان داد که کاربرد ۶۰۰۰ مترمکعب در هکتار در سال و ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار در سال بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب) را خواهد داشت (۲۵). مجموع این مطالعات نشان داد که انتخاب رقم مناسب و شیوه کم‌آبیاری نقش به‌سزایی در افزایش بهره‌وری آب خواهد داشت (۸). بنابراین، با توجه به اینکه سطح زیر کشت یونجه فاریاب در ایران از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۶ از ۴۷۲۰۰۰ هکتار به حدود ۶۰۰۰۰۰ هکتار افزایش یافته (۱۳) و از طرفی فصل رشد و نمو یونجه طولانی و درنتیجه آب مورد نیاز آبیاری یونجه به‌نسبت زیاد است، مدیریت آبیاری می‌تواند ابزاری با ارزش برای کاهش فشار بر منابع آب قابل استحصال و حفظ عملکرد یونجه در مناطق خشک و نیمه‌خشک همانند جنوب ایران باشد. بنابراین، اهداف این پژوهش تعیین بهترین رقم رایج مقاوم به تنش آبی و در مرحله بعد تعیین حد بهینه کم‌آبیاری در اراضی خوزستان و مناطق با اقلیم مشابه با هدف افزایش بهره‌وری آب بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در مکان و زمان، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار برای دو سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ اجرا شد. خاک این منطقه از نوع رسوبی و بافت آن عموماً لوم‌رسی‌سیلتی است (جدول۱). پس از تهیه زمین کود مورد نیاز (به میزان ۲۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم بر اساس آزمون خاک) روی سطح خاک پاشیده و با عملیات دیسک مجدد با خاک مخلوط شده و پس از آن جویچه‌هایی به فواصل ۶۰ سانتی‌متر روی زمین پیاده شد. تیمارهای آبیاری چهار مقدار آب ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی (با نمادهای I25، I50، I75 و I100) در کرت اصلی و ۵ رقم یونجه بغدادی، امید، نیک شهری، یزدی و مساسرسا در کرت فرعی و مجموع چین‌های مختلف برداشتی در هر سال زراعی در کرت‌های فرعی فرعی (به‌صورت مجازی) بود. بذر ارقام مساسرسا و بغدادی از مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد دزفول، رقم امید از مرکز تحقیقات اهواز، رقم نیک‌شهری از مرکز تحقیقات سیستان و بلوچستان و رقم یزدی از مرکز تحقیقات یزد تهیه شد. عرض هر کرت فرعی ۳ متر و طول کرت‌ها ۸ متر انتخاب شد. ارقام یونجه در ۲۵ مهرماه ۱۳۹۶ با تراکم ۲۰ کیلوگرم در هکتار با ردیف‌کار دستی کاشته شد. آبیاری‌ها تا زمان استقرار کامل گیاه به‌صورت یکسان انجام شد و پس از برداشت علوفه و همسان‌سازی کل مزرعه، تیمارهای آبیاری از بهار سال ۱۳۹۷ اعمال شد.

مقادیر آبیاری با استفاده از سامانه قطره‌ای تیپ با فواصل روزنه ۲۰ سانتی‌متر اعمال شد. به این صورت که پس از کاشت، روی پشته‌های هر تکرار یک لوله نوار قطره‌ای (تیپ) قرار داده شد. هر یک از رژیم‌های آبیاری به یک کنتور آب و شیرفلکه متصل شد. با شروع بارش‌ها در فصول پاییز و زمستان (اواخر آبان تا اواخر اسفند) آبیاری‌ها متوقف و با قطع بارش‌ها در فصول بهار و تابستان رژیم‌های آبیاری شروع شد. به این صورت که برای هر نوبت آبیاری، میزان نیاز آبی تیمار شاهد (I100) بر اساس میزان تبخیر از تشت (رابطه ۱) به‌دست آمده و برای دیگر رژیم‌های آبیاری درصدی از این مقدار محاسبه و به تیمارها داده شد.

$$ET_C = K_C \times K_P \times E_P \qquad (1)$$

در این رابطه Kc ضریب گیاهی یونجه است که در محاسبات از مقدار اصلاح شده آن استفاده شد (۱). Kp ضریب تشت تبخیر است که با توجه به آمار طولانی مدت ایستگاه هواشناسی (سرعت باد، رطوبت نسبی) و شرایط پوشش سبز اطراف تشت تبخیر محاسبه و بر اساس آن یک عدد ثابت برای هر ماه در نظر

جدول۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

عمق خاک (cm)	OC (٪)	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	رطوبت حجمی(٪)		بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gcm^{-3})
				FC	PWP		
۰-۲۰	۰/۹۲	۰/۹	۷/۴۹	۳۳	۱۷/۹	لوم رسی سیلتی	۱/۷۳
۲۰-۴۰	۰/۶۹	۱/۱	۷/۷۶	۳۳	۱۸	لوم رسی سیلتی	۱/۷۷
۴۰-۶۰	۰/۶	۱	۷/۷	۳۳	۱۸	لوم رسی سیلتی	۱/۶۹
۶۰-۸۰	۰/۴۴	۱	۷/۷۵	۳۴/۲	۱۸/۴	لوم رسی سیلتی	۱/۵۹
۸۰-۱۰۰	۰/۳۷	۱/۱	۷/۷	–	–	رسی سیلتی	۱/۶۴

OC: درصد کربن آلی، EC: هدایت الکتریکی، FC: ظرفیت زراعی و PWP: نقطه پژمردگی دائم است.

گرفته شد (۱). Ep تبخیر روزانه از تشت تبخیر کلاس الف واقع در ایستگاه هواشناسی مجاور مزرعه (برحسب میلی‌متر) است. این اطلاعات به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی دریافت و برای تأمین نیاز آبی استفاده شد. پس از تعیین نیاز آبی، با اعمال بازده آبیاری ۹۰ تا ۹۵ درصد (۲) عمق ناخالص آبیاری محاسبه و با تبدیل آن به مترمکعب در اختیار تیمارهای مختلف قرار گرفت. تمام محاسبات بالا برای طول دوره رشد یونجه به‌صورت روزانه در محیط اکسل ثبت و بر این اساس برنامه ریزی آبیاری صورت گرفت. در طول دوره آبیاری ۶ چین برداشت شد. برداشت هر چین در اوایل دوره گلدهی صورت گرفت و پس از آن صفات عملکرد علوفه تر و خشک درصد علوفه خشک و بهره‌وری آب اندازه‌گیری شد. برای مشخص کردن درصد علوفه خشک در هر برداشت، یک نمونه یک کیلوگرمی از علوفه تر (WW در رابطه ۲) به‌طور تصادفی بعد از عملیات چین‌برداری از هر کرت توزین و در گرم‌خانه با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز قرار داده شد و پس از آن مجدداً توزین شدند (DW در رابطه۲) و از این طریق درصد علوفه خشک (رابطه ۲) محاسبه شد.

$$\text{درصد علوفه خشک} = (\frac{WW - DW}{WW} \times 100) - 100 \qquad (۲)$$

شاخص بهره‌وری آب بر مبنای علوفه خشک از رابطه ۳ محاسبه شد. مجموع آب مصرفی کلیه چین‌های برداشتی برای محاسبه بهره‌وری آب علوفه تر و خشک مورد استفاده قرار گرفت (رابطه ۳).

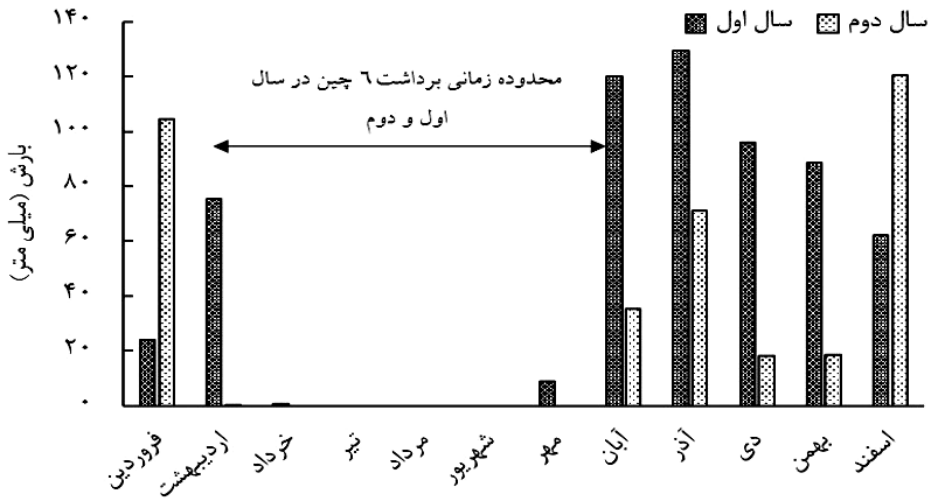
$$WP = \frac{Y}{I} \qquad (۳)$$

که در آن: WP بهره‌وری علوفه تر یا خشک برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، Y عملکرد علوفه تر یا خشک برحسب کیلوگرم در هکتار و I مجموع آب مصرفی در هر یک از رژیم‌های آبیاری برحسب مترمکعب بر هکتار است. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل مرکب شد و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

الف- حجم آب مصرفی

مجموع بارش سال اول و دوم ارائه شده توسط ایستگاه هواشناسی مجاور مزرعه به‌ترتیب ۶۰۵ و ۳۶۸ میلی‌متر گزارش شده است (شکل۱). تبخیر تجمعی و میانگین دمای هوا در فاصله زمانی چین دوم تا هشتم در جدول ۲ خلاصه شده است. بیشترین تبخیر از تشت تبخیر در سال اول و دوم به‌ترتیب ۲۳/۴ و ۱۸/۴ و کمترین مقدار به‌ترتیب ۵ و ۳/۶ میلی‌متر بود. تعداد برداشت در هر سال ۹ چین بود که دو چین اول (اول فروردین تا ۲۰ اردیبهشت) و چین آخر (اواخر آبان) که مصادف با



شکل ۱. توزیع بارش‌های سال اول و دوم و محدوده ۶ چین یونجه

جدول ۲. مقادیر تبخیر تجمعی، میانگین دما و آب مصرفی در فاصله ۶ چین برداشتی در دو سال متوالی

سال	تبخیر تجمعی (mm)	میانگین دما (C°)	مقدار آب (mm)			
			I100	I75	I50	I25
اول	۱۷۰۲	۳۵/۱	۱۶۳۲	۱۲۷۰	۹۰۷	۵۴۵
دوم	۱۷۸۷	۳۳/۷	۱۷۴۴	۱۳۶۹	۹۸۹	۶۴۳
میانگین	۱۷۴۴	۳۴/۴	۱۶۸۸	۱۳۱۹	۹۴۸	۵۹۴

بارش‌ها بود حذف و فقط ۶ چین بدون دخالت بارش‌ها برای محاسبات در نظر گرفته شد (شکل۱). حجم آب مصرفی مجموع ۶ چین در سال اول برای تیمارهای آبیاری بین ۵۴۵ تا ۱۶۳۲ میلی‌متر و در سال دوم به دلیل بالا بودن میانگین مقادیر دمای هوا و تبخیر روزانه از تشتک با اندکی افزایش بین ۶۴۳ تا ۱۷۴۴ اندازه‌گیری شد. میانگین سه ساله مقدار آب مصرفی یونجه به روش سطحی برای برداشت ۶ چین در منطقه نیومکزیکو آمریکا با میانگین بارش ۳۰۴ میلی‌متر برابر ۵۳۴ میلی‌متر (۱۱) در فلات کلرادوی آمریکا برای برداشت ۴ چین در سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ به‌ترتیب ۱۱۷۱ و ۱۱۰۰ میلی‌متر با آبیاری بارانی کلاسیک ثابت (۱۲) و در منطقه اهواز برای تیمارهای مختلف آبیاری سطحی بدون تنش و آبیاری پس از ۵۰، ۶۵ و ۸۰ درصد تخلیه آب دردسترس به‌ترتیب ۲۷۰۸، ۲۰۵۵، ۱۵۰۰ و ۱۱۱۱ میلی متر گزارش شده است (۳).

ب- عملکرد و بهره‌وری آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری، ارقام، سال و اثرات متقابل آنها اثر معنی‌داری بر صفات درصد علوفه خشک، عملکرد علوفه تر و خشک و بهره‌وری آب یونجه داشت (جدول ۳) که نتایج مقایسه میانگین هر یک از این اثرات به تفکیک تشریح شده است (جدول‌های ۴ تا ۷).

۱- اثر سطوح آبیاری

تجزیه واریانس دوساله نشان داد که کلیه صفات مورد مطالعه تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات مختلف نشان داد که با کاهش مقدار آب مصرفی و افزایش تنش خشکی عملکرد علوفه تر و خشک کاهش یافت (جدول ۴). تیمارهای I100، و I25 با مقادیر به‌ترتیب ۱۳/۹ و ۳/۵ تن در هکتار علوفه خشک بیشترین و کمترین مقدار را داشتند.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح آبیاری و ارقام بر صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد علوفه خشک	عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک	بهره‌وری آب علوفه خشک
تکرار	۲	۲/۹^{ns}	۲۴۰/۴^{ns}	۱۹/۷^{ns}	۰/۱۵^{ns}
آبیاری(A)	۳	۲۳۴/۲**	۱۰۸۳۲/۳**	۶۶۶/۵**	۰/۶۶**
خطا	۶	۲/۰	۱۰۵/۹	۷/۵	۰/۰۶
ژنوتیپ(B)	۴	۳/۹^{ns}	۲۷۱/۱**	۱۹/۵**	۰/۱۳**
A×B	۱۲	۳/۹^{ns}	۳۲/۷^{ns}	۱/۷^{ns}	۰/۰۱^{ns}
خطا	۳۲	۲/۶	۲۳/۸	۱/۸	۰/۰۲
سال (C)	۱	۱۵۵۶/۹**	۵۴۶/۶**	۴/۹^{ns}	۰/۱۹**
A×C	۳	۵۲/۹**	۵۰/۶^{ns}	۸/۸*	۰/۰۸*
خطا (E1)	۸	۲/۰	۱۳/۶	۱/۲	۰/۰۲
B×C	۴	۰/۹^{ns}	۲۳۰/۰**	۱۴/۳**	۰/۰۹**
A×B×C	۱۲	۴/۵*	۳۶/۵**	۲/۵**	۰/۰۱^{ns}
خطا (E2)	۳۲	۱/۶	۱۰/۹	۰/۹	۰/۰۱
ضریب تغییرات (٪)		۴/۴	۹/۷	۱۰	۱۰/۲

ns ,* و **؛ به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهند.

جدول ۴. مقایسه میانگین سطوح آبیاری برای صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن

رژیم آبیاری	درصد علوفه خشک	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
I100	۲۶/۰۳^{d}	۵۳/۲^{a}	۱۳/۸۶^{a}	۰/۸۲^{b}
I75	۲۷/۷۹^{c}	۴۵/۳۸^{b}	۱۲/۴۲^{a}	۰/۹۴^{a}
I50	۲۹/۸۵^{b}	۲۶/۰۸^{c}	۷/۶۸^{b}	۰/۸۱^{b}
I25	۳۲/۵۲^{a}	۱۰/۸۱^{d}	۳/۵۲^{c}	۰/۵۹^{c}

*: در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در آزمون دانکن (پنج درصد) تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۵. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های یونجه برای صفات مورد مطالعه

ژنوتیپ	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	درصد علوفه خشک	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
بغدادی	۱۰/۷۴^{a}	۳۹/۱۲^{a}	۲۹/۰۸^{a}	۰/۹۰^{a}
نیک شهری	۹/۷۶^{b}	۳۴/۷۲^{b}	۲۹/۷۴^{a}	۰/۸۳^{b}
یزدی	۸/۵^{c}	۳۰/۲۹^{c}	۲۸/۷۹^{a}	۰/۷۳^{c}
مساسرسا	۸/۷۳^{c}	۳۱/۸۴^{bc}	۲۸/۸۳^{a}	۰/۷۳^{c}
امید	۹/۱۳^{bc}	۳۳/۷۷^{b}	۲۸/۸۱^{a}	۰/۷۷^{bc}

*: در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در آزمون دانکن (پنج درصد) تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و رژیم‌های آبیاری برای صفات مورد مطالعه

سال	رژیم آبیاری	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	درصد علوفه خشک	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
اول	۱۰۰	۵۲/۸^{a}	۱۴/۷^{a}	۲۸/۰^{d}	۰/۹^{a}
	۷۵	۴۲/۱^{c}	۱۲/۶^{b}	۳۰/۹^{c}	۰/۹۹^{a}
	۵۰	۲۴/۰e	۸/۱^{c}	۳۴/۵^{b}	۰/۸۹^{a}
	۲۵	۸/۳^{g}	۳/۰^{e}	۳۷/۳^{a}	۰/۵۵^{c}
میانگین		۳۱/۸	۹/۶	۳۲/۷	۰/۸۳
دوم	۱۰۰	۵۳/۵^{a}	۱۳/۱^{b}	۲۴/۱^{e}	۰/۷۵^{b}
	۷۵	۴۸/۷^{b}	۱۲/۳^{b}	۲۴/۷^{e}	۰/۹^{a}
	۵۰	۲۸/۲^{d}	۷/۳^{c}	۲۵/۲^{e}	۰/۷۴^{b}
	۲۵	۱۳/۹^{f}	۰۳۴^{d}	۲۸/۸^{d}	۰/۶۳^{c}
میانگین		۳۶/۱	۹/۲	۲۵/۵	۰/۷۵

*: در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در آزمون دانکن (پنج درصد) تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و ژنوتیپ برای صفات مورد مطالعه

سال	ژنوتیپ	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	درصد ماده خشک	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
اول	بغدادی	۹/۹^{b}	۳۲/۹^{cd}	۳۲/۶^{a}	۰/۸۶^{b}
	نیک شهری	۹/۶^{bc}	۳۰/۹^{de}	۳۳/۷^{a}	۰/۸۴^{bc}
	یزدی	۹/۸^{b}	۳۲/۳^{cd}	۳۲/۴^{a}	۰/۸۵^{bc}
	مساسرسا	۹/۱^{bcd}	۳۰/۸^{de}	۳۲/۲^{a}	۰/۷۹^{cd}
	امید	۹/۴^{bc}	۳۲/۳^{cd}	۳۲/۴^{a}	۰/۸۲^{bc}
دوم	بغدادی	۱۱/۶^{a}	۴۵/۴^{a}	۲۵/۶^{b}	۰/۹۴^{a}
	نیک شهری	۹/۹^{b}	۳۸/۶^{b}	۲۵/۸^{b}	۰/۸۲^{bc}
	یزدی	۷/۲^{e}	۲۸/۳^{e}	۲۵/۲^{b}	۰/۶۰^{f}
	مساسرسا	۸/۳^{d}	۳۲/۹^{cd}	۲۵/۴^{b}	۰/۶۷^{e}
	امید	۸/۸^{cd}	۳۵/۳^{c}	۲۵/۲^{b}	۰/۷۳^{de}

*: در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در آزمون دانکن (پنج درصد) تفاوت معنی‌دار ندارند.

زیرا تنش آبی معمولاً مانع از پنجه‌زنی و انشعاب بوته شده و مرگ پنجه‌های تثبیت‌شده را تسریع کرده و در مجموع عملکرد علوفه را کاهش خواهد داد (۶). این نتایج همسو با نتایج سایر پژوهشگران است که نشان داده‌اند عملکرد علوفه یونجه با کاهش مصرف آب آبیاری به‌صورت خطی کاهش یافته است (۱۹، ۲۰، ۲۳، ۲۴). برخلاف سایر صفات، درصد علوفه خشک با افزایش تنش خشکی افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد علوفه خشک به‌ترتیب مربوط به تیمارهای I25 و I100 (با مقادیر به‌ترتیب ۳۲/۵ و ۲۶ درصد) بود که با نتایج سایر پژوهشگران تطابق داشت (۶).

نتایج دوساله نشان داد که تیمار I75 بیشترین بهره‌وری آب (۰/۹۴ کیلوگرم علوفه خشک بر مترمکعب) و رژیم‌های آبیاری I100 و I50 در گروه بعدی آماری، و I25 کمترین بهره‌وری آب (۰/۵۹ کیلوگرم علوفه خشک بر مترمکعب) را داشتند (جدول ۴). افزایش بهره‌وری آب در تیمار I75 با افزایش درصد ماده خشک و کاهش آب مصرفی نسبت به تیمار I100 مرتبط است. از طرفی تنش ملایم کاهش اندک هدایت روزنه‌ای و غلظت دی‌اکسید کربن را باعث شده که این امر محدودیت چندانی برای ایجاد فتوسنتز (۳) و حتی غلظت پروتئین خام (۱۹) نخواهد داشت. پژوهشگران دیگر نشان دادند که در شرایط کم‌آبیاری باوجود کاهش عملکرد علوفه خشک، بهره‌وری آب بهبود یافته است (۴، ۱۵، ۱۸). مطالعه میدانی در دانشگاه وایومینگ آمریکا نشان داد که از بین تیمارهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای سه رقم یونجه تیمار ۷۵ درصد تأمین نیاز آبی با بهره‌وری آب ۲/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (۹).

۲- ژنوتیپ‌های یونجه

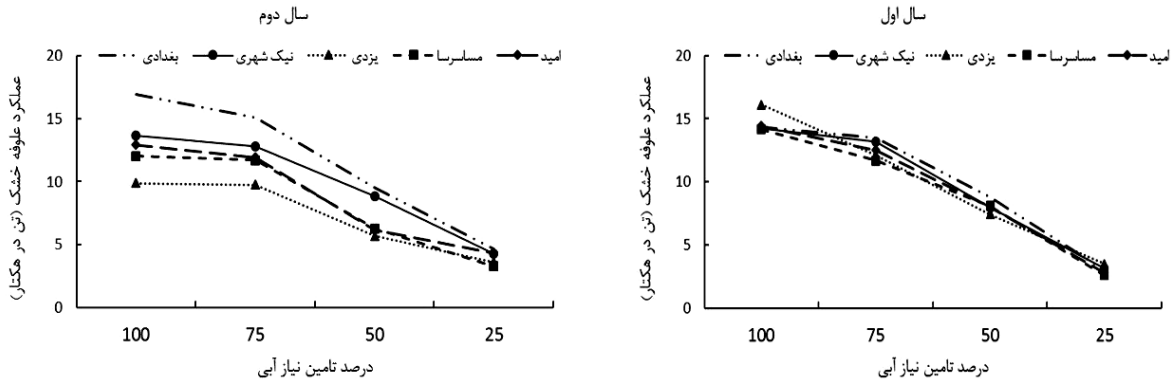
ارقام یونجه عملکرد علوفه تر و خشک بهره‌وری آب متفاوتی را نشان دادند (جدول ۵). به‌طوری‌که نتایج دوساله نشان داد ژنوتیپ بغدادی عملکرد علوفه خشک و تر (به‌ترتیب ۱۰/۷۴ تن در هکتار و ۳۹/۱۲ تن در هکتار) و بهره‌وری آب (۰/۹۰ کیلوگرم علوفه خشک بر مترمکعب) بالاتری داشته و پس از آن به‌ترتیب ارقام نیک‌شهری، امید، مساسرسا و یزدی قرار داشتند. نتایج مطالعات در منطقه یزد برتری رقم مساسرسا از بین ۷ رقم (۲۱)، در جیرفت از بین ۵ رقم یزدی، نیک‌شهری، رانگر، بمی و بغدادی، رقم نیک شهری و بمی (۳) و در اهواز رقم بغدادی از بین چهار رقم مورد تأیید قرار گرفت (۳). با توجه به اینکه ژنوتیپ بغدادی حاصل گزینش توده‌ای در محل اجرای این مطالعه است سازگاری خوبی با شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک منطقه داشته و از این جهت برتری خود را نسبت به دیگر ارقام گرمسیری حفظ کرده است.

اثر برهمکنش آبیاری و ژنوتیپ برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ارائه نشده) زیرا دو عامل رژیم آبیاری و ژنوتیپ مستقل از همدیگر عمل کرده و با افزایش تنش آبی کاهش عملکرد علوفه در ارقام یادشده اتفاق افتاده است. نتایج به‌دست‌آمده از اثرات اصلی این موضوع را تأیید می‌کند.

۳- اثرات متقابل سال و رژیم آبیاری

اثرات متقابل سال در رژیم آبیاری، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد علوفه تر نداشت (جدول ۳) این امر بیانگر روند تغییرات یکسان صفت مذکور برای رژیم‌های آبیاری در طی دو سال انجام آزمایش بود اما برای صفات درصد علوفه خشک، عملکرد علوفه خشک، بهره‌وری آب آبیاری معنی‌دار بود.

معنی‌دار شدن اثر متقابل سال و رژیم آبیاری برای درصد علوفه خشک نشان داد که روند تغییرات این صفت در دو سال آزمایش برای رژیم‌های مختلف آبیاری یکسان نبود. به این صورت که در سال اول با اعمال تنش آبی، درصد علوفه خشک در سطوح آبیاری در چهار گروه مختلف آماری قرار گرفت حال آنکه در سال دوم، این صفت در تیمارهای I100 و I75 در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۶). این وضعیت برای دو صفت درصد علوفه خشک و بهره‌وری آب نیز صادق است. شرایط محیط گیاه از سالی به سال دیگر متغیر بوده و اغلب با تغییر



شکل ۲. اثرات برهمکنش ژنوتیپ و رژیم آبیاری بر عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار برای هر چین) در سال اول و دوم

نسبت برگ به ساقه بیشترین تأثیر را روی کیفیت علوفه و تغییر در رشد و نمو گیاه و ترکیبات شیمیایی بخش‌های مختلف گیاه می‌گذارد (۶). به‌طوری‌که با افزایش سن گیاه (اثر سال)، میانگین صفات درصد علوفه خشک، عملکرد علوفه خشک و بهره‌وری آب علوفه خشک در رژیم‌های مختلف آبیاری در سال دوم نسبت به سال اول به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶).

۴- اثرات متقابل سال و ژنوتیپ

معنی‌دار شدن اثرات برهمکنش سال و ژنوتیپ بر عملکرد علوفه تر و خشک و بهره‌وری بیانگر متفاوت بودن روند تغییرات این صفات در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو سال انجام آزمایش است. عملکرد علوفه خشک ژنوتیپ‌ها در سال اول اختلاف معنی‌داری نداشتند و همگی در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۷) اما در سال دوم به دلیل تغییر شرایط محیطی و سن گیاه (۶) ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار گروه آماری قرار داشتند.

۵- اثرات متقابل سال، ژنوتیپ و رژیم آبیاری

اثر متقابل سه‌جانبه رژیم آبیاری، ژنوتیپ و سال برای صفات عملکرد علوفه تر و خشک و درصد علوفه خشک معنی‌دار بود (جدول ۳). شکل۲ اثرات برهمکنش ژنوتیپ و رژیم آبیاری برای صفت عملکرد علوفه خشک در دو سال متوالی را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود روند تغییرات ژنوتیپ و رژیم آبیاری در دو سال متوالی مشابه نیست. به‌طوری‌که در سال اول (شکل۲ سمت راست)، ژنوتیپ یزدی بیشترین شیب کاهش عملکرد علوفه خشک از رژیم آبیاری I100 به I75 را نشان داده اما در سال دوم (شکل ۲ سمت چپ)، ژنوتیپ‌های یزدی و مساسرسا کمترین شیب کاهش عملکرد علوفه خشک را نشان داده‌اند. به‌عبارت‌دیگر هرچند که ژنوتیپ بغدادی بیشترین عملکرد را در رژیم‌های مختلف آبیاری داشته است، تغییرات کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های یزدی و در مرحله دوم مساسرسا کمتر است. به‌هرحال بیشترین میانگین عملکرد علوفه خشک درمجموع شش چین متعلق به سال دوم، ژنوتیپ بغدادی و تیمار آبیاری I100 (۱۶/۹ تن در هکتار برای مجموع شش چین) است. این ویژگی مثبت باعث شده که کاشت رقم بغدادی در بین بهره‌برداران یونجه‌کار در خوزستان نسبت به سایر ارقام در اولویت باشد.

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف تعیین مقادیر آب مصرفی بر عملکرد علوفه ارقام یونجه در دو سال متوالی با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای تیپ انجام شد نتایج نشان داد که تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی با کاهش ۷ درصدی آب مصرفی، ۱۰ درصد کاهش عملکرد علوفه خشک داشته و با افزایش ۱۵ درصدی بهره‌وری آب نسبت به سایر رژیم‌های آبیاری نقش بهتری در استفاده بهینه از منابع آب خواهد داشت. این درحالی است که میزان آب مصرفی در روش قطره‌ای ۳۷ درصد کمتر از مقادیر آبیاری سطحی ارائه شده در اقلیم مشابه، اهواز، است (۳). از طرفی رقم بغدادی به لحاظ عملکرد علوفه و بهره‌وری

آب برتر از سایر ارقام بوده و بنابراین، این رقم برای منطقه خوزستان و مناطق مشابه توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Allen, R.G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage, Paper No. 56.
2. Balik, M., M. E. Grismer and L. Tod. 2001. Reduced run off irrigation of alfalfa in Imperial Valley, California. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 127: 123-130.
3. Behnamfar, K., S. A. Siadat, A. M. Bakhshandeh, S. M. Kashefipour, S. Alemi and A. A. Jafari. 2014. Evaluation of impact of water deficit on yield and water use efficiency of four cultivars alfalfa (Medicago sativa) in Khuzestan conditions – Ahvaz. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering* 37 (3):63-71 (In Farsi).
4. Berrada, A. 2005. Alfalfa response to water deficit using subsurface drip irrigation. *Technical bulletin* (Colorado Agricultural Experiment Station); TB-05-1.
5. Bouizgaren, A., R. Kallida and C. Al Faiz. 2010. Evaluation of drought tolerance variability in Mediterranean alfalfa cultivars in the field under Moroccan conditions. PP. 283-287 *In:* C. Huyghe (Eds), Sustainable Use of Genetic Diversity in Forage and Turf Breeding, Springer, Dordrecht.
6. Buxton, D. R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology* 59(1-3): 37-49.
7. Carter, C. M., A. G. Y. Garcia, M. A. Islam and K. Hansen. 2013. Effect of deficit irrigation on water use and water use efficiency of alfalfa. *In:* Proceeding of American Society of Agricultural and Biological Engineers, Kansas City, Missouri.
8. Cavero, J., J. M. Faci, E. T. Medina and A. Martínez-Cob. 2017. Alfalfa forage production under solid-set sprinkler irrigation in a semiarid climate. *Agricultural Water Management* 191: 184-192.
9. Darapuneni, M. K., L. M. Lauriault, D. M. Vanleeuwen and S. V. Angadi. 2020. Influence of irrigation regimes on alfalfa dry matter yield and water productivity in a semiarid subtropical environment. *Irrigation and Drainage* 69(5): 1063-1071.
10. Del Pozo, A., C. Ovalle, S. Espinoza, V. Barahona, M. Gerding and A. Humphries. 2017. Water relations and use-efficiency, plant survival and productivity of nine Alfalfa (Medicago sativa L.) cultivars in dryland Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* 4: 16-22.
11. Djaman, K., D. Smeal, K. Koudahe and S. Allen. 2020. Hay Yield and Water Use Efficiency of Alfalfa under Different Irrigation and Fungicide Regimes in a Semiarid Climate. *Water* 12(6): 1721.
12. Ebadi khazineh Qadim, A. 1994. Investigation of physiological aspects of yield increase in dryland alfalfa. Ph. D. Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, I.R. Iran (In Farsi).
13. Ghadami Firouzabadi, A. and S. M. Seyedan. 2019. Evaluation of irrigation water productivity and economic analysis of alfalfa production in sprinkler and surface irrigation systems. *Journal of Irrigation and Water Engineering* 10(37): 136-149 (In Farsi).
14. Hesadi, P., D. F. Taleghani, A. Shiranirad, J. Daneshian and A. Jaliliyan. 2015. Selection for drought tolerance in sugar beet genotypes (Beta vulgaris L.). *Biological Forum Research Trend* 7(1): 1189-1204.
15. Ismail, S. M. and M. H. Almarshadi. 2013. Maximizing Productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid regions. *Irrigation and Drainage* 62(1): 57-66.
16. Li, M., Y. Liu, H. Yan and R. Sui .2017. Effects of irrigation amount on alfalfa yield and quality with a center-pivot system. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers* 60(5): 1633-1644.
17. Lindenmayer, R. B., N.C. Hansen, J. Brummer and J.G. Pritchett. 2011. Deficit irrigation of alfalfa for water-savings in the Great Plains and Intermountain West: A review and analysis of the literature. *Agronomy Journal* 103(1): 45-50.
18. Liu, Y., Q. Wu, G. Ge, G. Han and Y. Jia. 2018. Influence of drought stress on alfalfa yields and nutritional composition. *BMC Plant Biology* 18(1):1-9.
19. Li, Y. and D. Su. 2017. Alfalfa water use and yield under different sprinkler irrigation regimes in North arid regions of China. *Sustainability* 9(8): 1380.
20. Montazar, A., D. Zaccaria, K. Bali and D. Putnam. 2017. A model to assess the economic viability of alfalfa production under subsurface drip irrigation in California. *Irrigation and Drainage* 66(1): 90-102.
21. Rogers, M. E., A. R. Lawson and K. B. Kelly. 2016. Lucerne yield, water productivity and persistence under variable and restricted irrigation strategies. *Crop and Pasture Science* 67(5): 563-573.
22. Russelle, M. P. 2001. Alfalfa: After an 8,000-year journey, the" Queen of Forages" stands poised to enjoy renewed popularity. *American Scientist* 89(3): 252-261.

23. Shewmaker, G. E., R. G. Allenand and W. H. Neibling. 2013. Alfalfa Irrigation and Drought. University of Idaho College of Agriculture and Life Science: Moscow, ID, USA.
24. Undersander, D., D. Cosgrove, E. Cullen, M.E. Rice, M. Renz, C. Sheaffer, G. Shewmaker and M. Sulc. 2011. Alfalfa Management Guide. American Society of Agronomy, Incorporated. American Society of Agronomy Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Wisconsin.
25. Zhang, Q., J. Liu, X. Liu, S. Li, Y. Sun, W. Lu and C. Ma. 2020. Optimizing water and phosphorus management to improve hay yield and water- and phosphorus-use efficiency in alfalfa under drip irrigation. *Food Science and Nutrition* 8(5): 2406-2418.
26. Zhang, J., Q. Qian Wang, X. Pan Pang, H. Peng Xu, J. Juan Wang, W. Na Zhang, and Z. Gang Guo. 2021. Effect of partial root-zone drying irrigation (PRDI) on the biomass, water productivity and carbon, nitrogen and phosphorus allocations in different organs of alfalfa. *Agricultural Water Management* 243(1): 1-11.

Journal of Water and Soil Science
Vol. 26, No. 1, Spring 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Different Levels of Tape Irrigation on Yield and Water Productivity of Tropical Alfalfa Cultivars

M. Safavi[1], A. Asareh[1*], M. Khorramian[2], D. Khodadadi dehkordi[1] and A. Egdernezhad[1]

(Received: October 1-2020; Accepted: June 14-2021)

Abstract

The present research was conducted to determine water stress tolerance and water productivity (WP) of 5 alfalfa cultivars as a split-plot design in a randomized complete block with 3 replications in the Safiabad Agriculture and Natural Resources Research Center (SARRC) with Silty clay loam soil texture during 2018-2019. The main plot was 4 levels of water irrigation depth (including 25, 50, 75, and 100% water requirement supply) with a constant irrigation cycle and the sub-plot was the five alfalfa cultivars (Baghdadi, Yazdi, Nikshahree, Omid, and Mesasirsa). Two-year data on forage yield and WP for six harvests (from June to November) were analyzed by SAS software. The results showed that the wet and dry forage yield decreased by applying water stress and the percentage of dry forage increased. The highest yield of dry matter (12.4 tons ha^{-1}) and WP of dry forage (0.94 kg m^{-3}) were obtained from 75% water requirement supply treatment. Baghdadi genotype with wet and dry forage yield 39.1 and 10.7 tons ha^{-1}, respectively, and the WP of dry forage 0.9 kg m^{-3} was higher than other genotypes. However, the Yazdi genotype had the lowest yield of wet and dry forage (30.3 and 8.5 tons ha^{-1}, respectively) and dry forage WP (0.75 kg m^{-3}). Therefore, the Baghdadi genotype with a 75% water requirement supply is recommended for similar conditions to the climate of Northern Khuzestan to increase water productivity.

Keywords: Water deficit, Alfalfa, Water productivity

1. Department of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2. Department of Agricultural Engineering Research, Safiabad Agricultural Research and Education and Natural Resources Center, AREEO, Dezful, Iran.
*: Corresponding author, Email: ali_assareh_2003@yahoo.com