اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر تولید علوفه، پروتئین، انرژی و کارایی مصرف آب در ارقام شبدر برسیم

مهیار باللازاده[۱]، محمد زمانیان*[۲]، فرید گل‌زردی[۳] و علی محمدی ترکاشوند[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه علوم زراعی و باغی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲) دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳) استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴) دانشیار گروه علوم زراعی و باغی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

***نویسنده مسئول: m.zamanian@areeo.ac.ir**

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۸/۱۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱**

چکیده

به‌منظور ارزیابی عملکرد کمی و کیفی علوفه ارقام شبدر برسیم تحت تنش کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به مدت دو سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷) اجرا شد. سه رژیم آبیاری شامل آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی شبدر)، تنش متوسط (تأمین ۷۵درصد نیاز آبی شبدر) و تنش شدید (تأمین ۵۰درصد نیاز آبی شبدر) به‌عنوان عامل اصلی و پنج رقم شبدر برسیم (کرج، الیت، اکیناتون، وین و الکس) به‌عنوان عامل فرعی بررسی شدند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه تازه و ماده خشک در هر سه سطح آبیاری، از رقم وین و کرج و کم‌ترین آن از رقم اکیناتون به‌دست آمد. بیش‌ترین کارایی مصرف آب برای تولید انرژی شیردهی در سطوح آبیاری ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰درصد نیاز آبی به‌ترتیب از ارقام وین، الکس و الیت به‌دست آمد. با اعمال تنش کم‌آبی عملکرد ماده خشک، عملکرد پروتئین قابل متابولیسم، محتوای انرژی خالص شیردهی و عملکرد آن کاهش یافت، درحالی‌که محتوی پروتئین قابل متابولیسم افزایش یافت. علاوه‌بر این تنش کم‌آبی سبب افزایش کارایی مصرف آب برای تولید ماده خشک، پروتئین قابل متابولیسم و انرژی خالص شیردهی شد. به‌طورکلی با توجه به مجموع صفات کمی و کیفی، ارقام الیت و کرج به‌عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای کشت در شرایط تنش کم‌آبی قابل توصیه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: انرژی، شبدر، خشکی و کیفیت علوفه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

مقدمه

استراتژی‌های غذایی نباید صرفاً در جهت تأمین امنیت غذایی برای همه باشد، بلکه باید به مصرف مقادیر کافی غذای بی‌خطر و باکیفیت خوب که در کنار هم یک رژیم غذایی سالم را تشکیل می‌دهند، برسد (سیف و همکاران، ۱۳۹۸). در این راستا، کشت و تولید محصولات علوفه‌ای نقشی اساسی دارد (Bakhtiyari *et al*., 2020). با این‌حال، اهمیت این محصولات در تولید پروتئین و حمایت از امنیت غذایی هنوز به‌خوبی درک نشده است. شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) یکی از بهترین منابع علوفه‌ای برای تغذیه دام است (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۹). این گیاه قادر به تولید ۳/۷۵ تن علوفه خشک است و در هر سال ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن را در خاک تثبیت می‌کند (Daneshnia *et al*., 2015). در بین گونه‌های گیاهی، لگوم‌های یکساله به‌عنوان منبع اصلی مواد مغذی برای دام در نظر گرفته شده و پرورش داده می‌شود. تأمین انرژی، پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی و فیبر با مصرف لگوم‌ها صورت می‌گیرد (Bozhanska *et al*., 2016). بعد از یونجه، شبدر مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای در کشور است و با طیف گسترده‌ای از خاک‌ها سازگار است (Ates, 2016).

راندمان مصرف آب آبیاری (IWUE[1]) که به‌عنوان مقدار زیست‌توده تولیدی به ازای هر واحد حجم آب مورد استفاده تعریف می‌شود، در نتیجه اصلی‌ترین شاخص اندازه‌گیری میزان صرفه‌جویی مصرف آب در کشاورزی می‌باشد (Wang *et al*., 2021). هنگامی‌که منبع آب در یک محصول یک عامل محدودکننده باشد، برای دستیابی به تولید حداکثر در واحد حجم آبیاری، نیازمند میزان آبیاری مناسب است (Golzardi *et al*., 2017). کم‌آبیاری یکی از روش‌های به حداکثر رساندن راندمان مصرف آب آبیاری است (Abdelkhalik *et al*., 2019). هدف اصلی کم‌آبیاری، افزایش راندمان مصرف آب آبیاری محصولات زراعی از طریق کاهش میزان آب مصرفی در آبیاری یا کاهش دفعات آبیاری می‌باشد (Du *et al*., 2015). در سال‌های اخیر، تمرکز در جهت افزایش بهره‌وری تولید همراه با محدودیت منابع آب قابل دسترس در حال تغییر است. به همین ترتیب، کم‌آبیاری در حال تبدیل شدن به یک گزینه احتمالی است (Garg and Dadhich, 2014). علاوه‌بر این، از دست دادن آب توسط تبخیر و تعرق در طی فصل رشد در مناطق نیمه‌خشک بسیار زیاد است. محصولات علوفه‌ای در این محیط‌ها اغلب تحت شرایط مخرب دمای بالا و کمبود آب در طول فصل بهار و تابستان قرار دارند که به‌طور جدی زیست‌توده گیاهان را کاهش می‌دهند؛ بنابراین، لازم است سطح مجاز کمبود تعرق بدون کاهش قابل‌توجه عملکرد محصول را بدانیم (Mulovhedzi *et al*., 2020). زیان اقتصادی به‌واسطه کاهش عملکرد در روش کم‌آبیاری باید کم‌تر از سود به‌دست‌آمده از طریق آب ذخیره‌شده باشد که برای آبیاری محصولات دیگر به روش آبیاری مرسوم مورد

[1] Irrigation water use efficiency

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

استفاده قرار گیرد (Chai *et al*., 2016). سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به آبیاری تکمیلی وابسته هستند، از این رو محدودیت منابع آب برای تولید علوفه به بزرگترین چالش تبدیل شده است (Wang *et al*., 2021). بنابراین اهمیت روش‌های زراعی که سبب حفظ ذخایر آبی شوند بیش‌تر شده است، یکی از روش‌ها شناسایی ارقام متحمل با عملکرد کمی و کیفی مناسب در شرایط تنش خشکی است (Ohno *et al*., 2018).

کیفیت علوفه بیانگر ارزش غذایی و مقدار انرژی است که در دسترس دام قرار گرفته و نشان‌دهنده مقدار مواد مغذی است که دام در کوتاه‌ترین زمان ممکن از علوفه به‌دست می‌آورد (Baghdadi *et al*., 2017). فاکتورهای مختلفی برای تعیین کیفیت علوفه در نظر گرفته می‌شوند (Bakhtiyari *et al*., 2020). به عقیده Zandonadi و همکاران (۲۰۱۷) در تعیین کیفیت علوفه، میزان پروتئین قابل‌هضم، متابولیسم و انرژی شیردهی در درجه اول و توجه به مواد معدنی و ویتامین‌ها در درجه بعدی اهمیت قرار دارد. علی‌رغم کشت شبدر در نواحی جغرافیایی گسترده و فواید آن به‌عنوان یک محصول مرتعی، مطالعه‌های مقایسه‌ای مربوط به ارزیابی تحمل تنش خشکی و تغییرات کیفیت علوفه در اثر تنش خشکی روی شبدر برسیم محدود است. تحت تنش خشکی، پروتئین قابل متابولیسم در علوفه‌های خانواده لگوم افزایش می‌یابد درحالی‌که در مورد مقدار فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و فیبر نامحلول در شوینده خنثی این‌گونه نیست. همچنین کاهش انرژی خالص شیردهی در اثر تنش خشکی در شبدر مشاهده‌شده است (Damborg *et al*., 2019). زمانیان و شاهوردی (۱۳۹۶) با بررسی پایداری عملکرد علوفه لاین‌های امیدبخش شبدر ایرانی در مناطق مختلف گزارش دادند که از نظر عملکرد علوفه خشک بین مناطق و لاین‌های امیدبخش شبدر ایرانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. زمانیان و رضایی (۱۳۹۴) نشان دادند که بین ارقام اصلاح‌شده و جمعیت‌های شبدر ایرانی در شرایط اقلیمی کرج از نظر عملکرد خشک، میزان پروتئین، قابلیت هضم ماده خشک و قابلیت هضم ماده آلی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. نعمت‌الهی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد علوفه شبدر گزارش کردند که در شرایط کم‌آبیاری متوسط و شدید عملکرد زیست‌توده دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به عملکرد زیست‌توده در شرایط نرمال بود، آن‌ها علت کاهش عملکرد را کاهش میزان فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تثبیت نیتروژن در شرایط کم‌آبیاری اعلام کردند. با توجه به وقوع تنش خشکی در ایران، شناسایی ارقامی که بتوانند از نظر تولید و تحمل تنش خشکی نسبت به بقیه ارقام برتری داشته باشند، ضروری است. هدف آزمایش حاضر تعیین عملکرد کمی و کیفی مجموعه‌ای از ارقام شبدر در شرایط آبیاری نرمال و محدودیت میزان آب آبیاری و تعیین بهترین عملکرد و بهترین ارزش غذایی علوفه‌ی تولیدی بود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (۳۵ درجه و ۸۰ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۹۷ دقیقه غربی) به مدت دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. مشخصات هواشناسی محل اجرای آزمایش شامل رطوبت نسبی، میزان تبخیر، بارندگی تجمعی، میانگین، حداکثر و حداقل دمای روزانه مربوط به ایستگاه هواشناسی کشاورزی کرج از سازمان هواشناسی ایران دریافت گردید (جدول ۱). خاک محل آزمایشی لومی-رسی بود. قبل از کاشت، نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متر بالای خاک برداشت شد و برای سنجش عناصر غذایی، مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۲).

جدول ۱: آمار هواشناسی (ماهانه) ایستگاه سینوپتیک کرج طی دوره آزمایش در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷

ماه	رطوبت نسبی (درصد)		تبخیر (میلی‌متر)		بارش (میلی‌متر)		دمای میانگین (سانتی‌گراد)		دمای حداکثر (سانتی‌گراد)		دمای حداقل (سانتی‌گراد)	
	۱۳۹۶-۷	۱۳۹۷-۸	۱۳۹۶-۷	۱۳۹۷-۸	۱۳۹۶-۷	۱۳۹۷-۸	۱۳۹۶-۷	۱۳۹۷-۸	۱۳۹۶-۷	۱۳۹۷-۸	۱۳۹۶-۷	۱۳۹۷-۸
شهریور	۳۴	۳۵	۲۶۸	۲۶۶	۰	۸۱	۲۴	۲۴	۳۲	۳۲	۱۶	۱۷
مهر	۳۸	۵۳	۱۷۵	۱۳۸	۸	۱۲	۱۷	۱۷	۲۴	۲۳	۱۱	۱۱
آبان	۴۳	۷۳	۸۹	۷۱	۶۴	۹۲	۱۱	۹	۱۷	۱۳	۶	۵
آذر	۵۰	۶۲	۳۶	۴۲	۷۲	۳۲	۷	۷	۱۲	۱۱	۲	۴
دی	۵۴	۶۱	۰	۰	۸۴	۵۴	۴	۴	۹	۹	۰	۰
بهمن	۶۵	۵۶	۰	۰	۶۲	۲۳	۶	۵	۱۱	۱۰	۲	۱
اسفند	۳۹	۵۹	۰	۰	۱۱	۹۵	۱۵	۸	۲۱	۱۳	۸	۳
فروردین	۵۱	۵۷	۱۸۸	۱۱۵	۸	۸۶	۱۴	۱۲	۲۰	۱۸	۸	۷
اردیبهشت	۵۵	۴۴	۱۹۱	۲۴۰	۷	۳	۱۸	۲۱	۲۶	۲۸	۱۲	۱۳
خرداد	۳۷	۲۹	۳۳۴	۲۹۷	۲۴	۲	۲۶	۲۸	۳۴	۳۵	۱۷	۱۹

جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

سال	بافت خاک	شن (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	نیتروژن (درصد)	مواد آلی (درصد)	اسیدیته	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	ظرفیت زراعی (درصد)	نقطه پژمردگی (درصد)
۱۳۹۶	لومی ـ رسی	۲۴	۴۹	۲۷	۰/۰۶	۰/۵۸	۷/۲۴	۲۵۶	۱۲/۶۰	۳۳	۱۱
۱۳۹۷	لومی ـ رسی	۲۶	۴۶	۲۸	۰/۰۵	۰/۵۶	۷/۲۱	۲۴۸	۱۲/۱۰	۳۲	۱۰

مشخصات طرح آزمایشی و عملیات کاشت

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آبیاری در سه سطح ۱- آبیاری کامل برابر با ۱۰۰ درصد تبخیر هفتگی و نیاز آبی گیاه، ۲- آبیاری برابر با ۷۵ درصد تبخیر هفتگی و نیاز آبی گیاه و ۳- آبیاری برابر با ۵۰ درصد تبخیر هفتگی و نیاز آبی گیاه، به‌عنوان فاکتور اصلی و ارقام شبدر به عنوان فاکتور فرعی شامل پنج رقم شبدر برسیم (کرج، الیت، اکیناتون، وین و الکس) بود. به‌منظور آماده‌سازی زمین برای این آزمایش، زمین موردنظر قبل از کاشت شخم زده و پس از آن توسط دومرتبه دیسک عمود بر هم زمین آماده کشت شد. بر اساس نتایج آزمون خاک و نیاز غذایی شبدر برسیم، کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (برابر با ۶۹ کیلوگرم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

P_2O_5 در هکتار) و کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار (برابر با ۲۳ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به عنوان استارتر به خاک اضافه شد و به همراه شخم با خاک مخلوط گردید (جدول ۲). تعداد واحدهای آزمایشی در هر بلوک ۱۵ عدد و فاصله بین تکرارها دو متر و فاصله بین کرت‌های اصلی نیز دو متر بود. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت پنج‌متری با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. میزان بذر مصرفی برابر با ۲۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد که بر اساس قوه نامیه بذور مقدار بذر مصرفی اصلاح شد، عمق کاشت بین دو تا سه سانتی‌متر بود. عملیات کاشت در تاریخ ۲۰ شهریور هرسال توسط نیروی کارگر صورت گرفت. از کاشت تا برداشت عملیات به‌زراعی از جمله آبیاری به روش جوی پشته، وجین علف‌های هرز و سله‌شکنی انجام شد.

تیمارهای آبیاری

در این آزمایش تمامی کرت‌ها تا استقرار کامل گیاه (مرحله ۴-۶ برگی) با تأمین صد در صد رطوبت موردنیاز و با دور مرسوم منطقه (هفته‌ای یک‌بار) آبیاری شدند. قبل از آغاز اعمال تیمارهای آبیاری محدود، برای جلوگیری از نشت آب تمامی کرت‌ها با استفاده از توده‌ی خاک محافظت شدند. پس از مرحله ۴-۶ برگی تیمارهای آبیاری محدود اعمال شد. میزان آب موردنیاز آبیاری با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Chaichi *et al*., 2015).

رابطه ۱: $In = 0.623 \times A \times K_c \times ET_o \times IE^{-1}$

که در آن In حجم آب آبیاری محاسبه‌شده است که به مترمکعب تبدیل‌شده، 0.623 یک ضریب ثابت، A سطح کانوپی در مترمربع و در رابطه به فوت مربع تبدیل می‌شود، K_c ضریب گیاهی، ET_O تبخیر و تعرق بالقوه هفتگی (برحسب اینچ) و IE راندمان آبیاری است. ET_O با استفاده از روش پنمن-مانتیس محاسبه شد (Allen *et al*., 1998). FAO[۲] و سازمان هواشناسی جهانی (WMO[۳]) منحنی‌های ضریب گیاهی (K_c) را در مراحل مختلف رشد گیاهان مختلف ارائه کرده است. میانگین K_c برای شبدر برسیم و ایرانی از گزارش‌های FAO استخراج شد. میزان نیاز آبی برای هر تیمار برای هر هفته برحسب گالن اندازه‌گیری و به لیتر تبدیل شد. از یک کنتور حجمی برای اندازه‌گیری و کنترل دقیق میزان آب استفاده شد. مقدار آب مصرفی در هر تیمار در جدول ۳ آورده شده است. اعمال تیمارهای آبیاری تا رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت.

جدول ۳: مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) در تیمارهای مختلف آزمایش

آبیاری	۱۰۰ درصد تبخیر هفتگی		۷۵ درصد تبخیر هفتگی		۵۰ درصد تبخیر هفتگی	
سال	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۷-۹۸	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۷-۹۸	۱۳۹۶-۹۷	۱۳۹۷-۹۸
میزان آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	۱۰۱۲۵	۱۱۹۸۵	۷۵۹۳/۷۵	۸۹۸۸/۷۵	۵۰۶۲/۵۰	۵۹۹۲/۵۰

[2] Food and Agriculture Organization of the United Nations
[3] World Meteorological Organization

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

اندازه‌گیری صفات و آنالیز داده‌ها

نمونه‌های گیاهی در مرحله ده درصد گل‌دهی برداشت شد. در زمان برداشت از دو ردیف وسط هر کرت با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای خطوط نمونه‌برداری انجام شد و عملکرد علوفه‌ی تر بلافاصله پس از برداشت اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد ماده‌ی خشک، از علوفه ی برداشت شده، نمونه‌هایی به مدت ۴۸ ساعت (تا ثابت شدن وزن) در آون ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و بر اساس درصد ماده خشک در هر نمونه، عملکرد ماده خشک در هر کرت محاسبه گردید. برای محاسبه درصد پروتئین قابل متابولیسم (MP[۴]) از رابطه ۲ استفاده شد و محتوی انرژی خالص برای شیردهی (NE_L[۵]) نیز با رابطه ۳ برآورد گردید (Jahanzad *et al*., 2013):

رابطه ۲: $$MP = (3.9375 \times N) - 2.1$$

رابطه ۳: $$NE_L = [1.044 - (0.0119 \times ADF)] \times 2.205$$

در این رابطه‌ها MP محتوی پروتئین قابل متابولیسم (بر حسب درصد از ماده خشک)، N محتوی نیتروژن کل نمونه (بر حسب درصد از ماده خشک)، NE_L محتوی انرژی خالص برای شیردهی (بر حسب مگاکالری بر کیلوگرم ماده خشک) و ADF[۶] محتوی فیبر شوینده اسیدی (بر حسب درصد از ماده خشک) می‌باشد. اندازه‌گیری درصد نیتروژن کل در نمونه‌ها نیز به روش کجلدال انجام شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین قابل متابولیسم (بر حسب کیلوگرم در هکتار)، درصد پروتئین قابل متابولیسم در عملکرد ماده خشک (بر حسب کیلوگرم در هکتار) ضرب شد. کارایی مصرف آب برای تولید علوفه، ماده خشک و پروتئین قابل متابولیسم (بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب آب) و همچنین کارایی مصرف آب برای تولید انرژی شیردهی (بر حسب مگاکالری بر مترمکعب آب) با تقسیم عملکرد علوفه، عملکرد ماده خشک و عملکرد پروتئین قابل متابولیسم (بر حسب کیلوگرم در هکتار) و تولید انرژی شیردهی (بر حسب مگاکالری در هکتار) بر مقدار آب مصرفی (بر حسب مترمکعب در هکتار) محاسبه شد (Ul-Allah *et al*., 2014). قبل از تجزیه آماری، داده‌ها از نظر داشتن پراکنش نرمال مورد آزمون قرار گرفتند. سپس با توجه به همگنی خطاهای آزمایشی طی دو سال آزمایش، تجزیه واریانس مرکب توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. از آنجا که طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، بین سال و تیمارها برهم‌کنش معنی‌داری وجود نداشت، میانگین دو ساله صفات گزارش شد. برای رسم نمودار نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

[4] Metabolizable protein
[5] Net energy for lactation
[6] Acid detergent fiber

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

نتایج و بحث

عملکرد علوفه و ماده خشک

اثر سال بر عملکرد علوفه و ماده خشک شبدر برسیم در سطح احتمال یک درصد و اثر آبیاری بر این صفات در سطح احتمال پنج درصد و برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و اثر سال×رقم و برهم‌کنش آبیاری×رقم بر عملکرد علوفه و ماده خشک شبدر برسیم و اثر سال×آبیاری×رقم بر صفت ماده خشک غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). در مقایسه بین دو سال آزمایش، بالاترین عملکرد علوفه و ماده خشک (به‌ترتیب ۷۴۷۶۶ و ۱۳۱۴۳ کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌دست‌آمد که حدود ۲۱ و ۲۷ درصد بیش‌تر از سال دوم بود (جدول ۵). در بین سطوح آبیاری بیش‌ترین عملکرد علوفه و ماده خشک شبدر برسیم (به‌ترتیب ۹۱۲۷۳ و ۱۴۷۱۵ کیلوگرم در هکتار) با آبیاری نرمال و کم‌ترین آن (به‌ترتیب ۴۷۴۸۳ و ۸۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) با تنش شدید حاصل شد (جدول ۵).

جدول ۴: تجزیه واریانس عملکرد علوفه و ماده خشک در شبدر برسیم و کار آیی مصرف آب آن‌ها در واکنش به تیمارهای آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد علوفه	کار آیی مصرف آب برای عملکرد علوفه	عملکرد ماده خشک	کار آیی مصرف آب برای عملکرد ماده خشک
سال	۱	۳۸۹۹۳۰۸۴۴۴**	۲/۳۲^{ns}	۱۸۵۱۵۸۰۹۰**	۰/۳۱*
بلوک (سال)	۴	۵۹۸۳۱۶۳۹	۱/۰۵	۱۷۳۵۰۰۸	۰/۰۳
آبیاری	۲	۱۴۵۱۰۲۵۳۰۰۰*	۳/۵۸^{ns}	۲۷۰۴۸۱۵۷۴*	۰/۴۵^{ns}
سال×آبیاری	۲	۳۴۸۱۱۴۷۷۸*	۶/۴۱*	۶۲۷۴۲۴۳^{ns}	۰/۰۸^{ns}
خطای اصلی	۸	۱۲۷۳۲۶۸۱	۰/۲۷	۵۸۳۹۸۰	۰/۰۱
رقم	۴	۱۰۰۹۰۲۰۱۴^{ns}	۱/۵۹^{ns}	۱۵۴۱۳۵۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}
سال×رقم	۴	۵۸۵۰۱۱۵۳^{ns}	۱/۱۴^{ns}	۲۵۴۴۹۸۱^{ns}	۰/۰۶^{ns}
آبیاری×رقم	۸	۹۶۸۵۵۲۲۲^{ns}	۱/۱۳^{ns}	۱۹۷۶۶۶۸^{ns}	۰/۰۲^{ns}
سال×آبیاری×رقم	۸	۷۰۹۵۲۴۸۶*	۱/۱۷*	۱۴۷۷۷۳۵^{ns}	۰/۰۳*
خطای آزمایشی	۴۸	۲۷۴۹۲۸۸۹	۰/۵۴	۹۵۱۶۹۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۷/۶۹	۸/۹۶	۸/۳۳	۸/۷۷

* و **: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

میزان کاهش عملکرد علوفه و ماده خشک در تنش متوسط به ترتیب حدود ۲۷ و ۲۰ درصد و در تنش شدید به ترتیب حدود ۴۸ و ۴۰ درصد بود (جدول ۵). Daneshnia و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند شرایط تنش کم‌آبیاری باعث کاهش عملکرد علوفه و ماده خشک شبدر می‌شود (Daneshnia *et al*., 2015). دولت‌مند شهری و حق‌شناس (۱۳۹۶) گزارش نمودند تنش رطوبتی کاهش رطوبت خاک موجب کاهش معنی‌دار عملکرد یونجه می‌شود. در بین ارقام شبدر برسیم اختلاف معنی‌داری بین عملکرد علوفه و ماده خشک مشاهده نشد، اما بالاترین عملکرد علوفه (۷۰۲۷۲ کیلوگرم در هکتار) در رقم کرج و بالاترین ماده خشک (۱۲۰۶۲ کیلوگرم در هکتار) در رقم الکس حاصل شد (جدول ۵).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

جدول ۵: اثر اصلی سال، آبیاری و رقم بر عملکرد علوفه، ماده خشک و کارآیی مصرف آب آن‌ها در شبدر برسیم

تیمار	عملکرد علوفه (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب برای عملکرد علوفه (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب برای عملکرد ماده خشک (کیلوگرم بر مترمکعب)
سال				
۱۳۹۶-۹۷	۶۱۶۰۱ b	۸/۰۸ a	۱۰۲۷۴ b	۱/۳۷ b
۱۳۹۷-۹۸	۷۴۷۶۶ a	۸/۴۰ a	۱۳۱۴۳ a	۱/۴۹ a
رژیم آبیاری				
آبیاری نرمال	۹۱۲۷۳ a	۸/۲۸ a	۱۴۷۱۵ a	۱/۳۲ a
کم‌آبی متوسط	۶۵۷۹۳ b	۷/۸۸ a	۱۱۷۰۱ b	۱/۴۰ a
کم‌آبی شدید	۴۷۴۸۳ b	۸/۵۷ a	۸۷۱۰ c	۱/۵۷ a
رقم				
کرج	۷۰۲۷۲ a	۸/۵۴ a	۱۱۴۸۲ a	۱/۴۰ a
الیت	۶۸۵۰۰ a	۸/۳۰ a	۱۱۷۶۹ a	۱/۴۴ a
اکیناتون	۶۴۲۳۱ a	۷/۸۱ a	۱۱۳۴۶ a	۱/۳۹ a
وین	۶۸۲۰۳ a	۸/۱۰ a	۱۱۸۸۵ a	۱/۴۳ a
الکس	۶۸۲۰۳ a	۸/۴۷ a	۱۲۰۶۲ a	۱/۴۸ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد).

نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم به روش برش‌دهی نشان داد که حداکثر عملکرد علوفه در شرایط آبیاری نرمال در سال اول توسط ارقام وین و الکس (به‌ترتیب ۹۳۷۱۷ و ۹۳۶۱۷ کیلوگرم در هکتار) و در سال دوم توسط رقم وین (۱۰۴۴۸۳ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد؛ در حالی‌که حداقل عملکرد در سال اول در رقم اکیناتون و در سال دوم الیت، اکیناتون و الکس مشاهده گردید (جدول ۶). در آبیاری متوسط بیش‌ترین عملکرد علوفه (۶۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سال اول برای رقم کرج به‌دست آمد در حالی‌که در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (جدول ۶). در تنش شدید اختلاف معنی‌داری بین ارقام در سال اول مشاهده نگردید اما در سال دوم، رقم کرج و الیت به‌ترتیب با ۵۶۲۳۳ و ۵۷۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، بالاترین عملکرد علوفه را تولید نمودند. وقتی محتوای آب خاک کاهش می‌یابد، جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر توسط ریشه‌ها با مشکل مواجه می‌شود، همین امر سبب کاهش رشد و نمو و عملکرد می‌شود (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین کاهش تعرق به‌دلیل کاهش رطوبت خاک، سبب کاهش انتقال عناصر غذایی از خاک به ریشه و از ریشه به اندام هوایی می‌شود (Kapoor *et al*., 2020). از سوی دیگر کاهش رشد گیاهان زراعی در شرایط تنش خشکی به‌واسطه محدود شدن فتوسنتز می‌باشد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۷). بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش، تأمین دی‌اکسید کربن را برای سیستم فتوسنتزی مشکل می‌سازد و فتوسنتز و رشد سلول همراه باهم، ازجمله اولین فرآیندهایی هستند که تحت تنش خشکی کاهش می‌یابند و در شرایط تنش ملایم هدایت روزنه‌ای به مقدار اندک کاهش‌یافته و موجب کاهش غلظت دی‌اکسید و درنتیجه محدودیت فتوسنتز می‌گردد اما با پیشرفت تنش خشکی، کاهش در فتوسنتز به‌دلیل عوامل غیر روزنه‌ای می‌باشد (Zhao *et al*., 2020).کاهش عملکرد علوفه در شرایط تنش خشکی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

توسط محققین دیگر نیز گزارش‌شده است (Fariaszewska *et al*., 2020; Sah *et al*., 2020; Allahdadi and Bahreininejad, 2019). مقصودی دماوندی و همکاران (۱۳۹۹)، گزارش نمودند که از نظر عملکرد و اجزای عملکرد بین ارقام آفتابگردان در شرایط تنش خشکی تفاوت معنی‌داری وجود داشت و با افزایش سطح تنش خشکی عملکرد به‌صورت محسوس کاهش یافت.

جدول ۶: مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم بر عملکرد و کارآیی مصرف آب شبدر برسیم

سال	رژیم آبیاری	رقم	عملکرد علوفه	کارایی مصرف آب		
				عملکرد علوفه	عملکرد ماده خشک	پروتئین قابل متابولیسم	انرژی خالص شیردهی
			(کیلوگرم در هکتار)	(کیلوگرم بر مترمکعب)			(مگاکالری بر مترمکعب)
۱۳۹۶-۹۷	آبیاری نرمال	کرج	۸۵۵۸۳ b	۸/۴۵ b	۱/۲۴ dc	۰/۱۰ ab	۱/۹۰ bc
		الیت	۸۸۲۱۷ ab	۸/۷۱ ab	۱/۳۱ bc	۰/۱۰ ab	۱/۹۷ b
		اکیناتون	۷۴۴۵۰ c	۷/۳۵ c	۱/۱۷ d	۰/۰۹ b	۱/۷۹ c
		وین	۹۳۷۱۷ a	۹/۲۶ a	۱/۴۵ a	۰/۱۱ ab	۲/۱۸ a
		الکس	۹۳۶۱۷ a	۹/۲۴ a	۱/۴۱ ab	۰/۱۲ a	۲/۱۴ a
		LSD۰.۰۵	۶۳۳۲	۰/۶۲	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۷
۱۳۹۷-۹۸		کرج	۹۶۶۵۰ ab	۸/۰۶ ab	۱/۳۴ a	۰/۱۰ a	۲/۰۵ a
		الیت	۹۲۲۵۰ b	۷/۷۰ b	۱/۲۸ a	۰/۰۹ a	۱/۹۱ a
		اکیناتون	۹۳۴۰۰ b	۷/۷۹ b	۱/۳۲ a	۰/۰۹ a	۲/۰۰ a
		وین	۱۰۴۴۸۳ a	۸/۷۱ a	۱/۴۳ a	۰/۱۰ a	۲/۱۲ a
		الکس	۹۰۳۶۷ b	۷/۵۴ b	۱/۳۰ a	۰/۰۹ a	۱/۹۶ a
		LSD۰.۰۵	۸۴۰۷	۰/۷۰	۰/۱۹	۰/۰۱	۰/۳۰
۱۳۹۶-۹۷	کم‌آبیاری متوسط	کرج	۶۱۶۰۰ a	۸/۱۱ a	۱/۳۷ a	۰/۱۱ ab	۱/۸۸ ab
		الیت	۵۳۷۳۳ a-c	۷/۰۷ a-c	۱/۲۸ a	۰/۱۱ ab	۱/۸۷ ab
		اکیناتون	۵۲۷۳۳ bc	۶/۹۴ bc	۱/۲۴ a	۰/۱۰ b	۱/۸۲ b
		وین	۴۹۷۶۷ c	۶/۵۵ c	۱/۲۴ a	۰/۱۰ b	۱/۷۹ b
		الکس	۵۸۷۵۰ ab	۷/۷۳ ab	۱/۳۹ a	۰/۱۲ a	۲/۰۵ a
		LSD۰.۰۵	۷۹۱۴	۱/۰۳	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۲۳
۱۳۹۷-۹۸		کرج	۷۸۳۳۳ a	۸/۷۱ a	۱/۴۷ a	۰/۱۲ a	۲/۱۵ a
		الیت	۷۹۲۶۷ a	۸/۸۱ a	۱/۵۸ a	۰/۱۲ a	۲/۲۷ a
		اکیناتون	۷۰۹۱۷ a	۷/۸۹ a	۱/۴۶ a	۰/۱۱ a	۲/۱۱ a
		وین	۷۴۷۱۷ a	۸/۳۱ a	۱/۵۰ a	۰/۱۱ a	۲/۱۶ a
		الکس	۷۸۱۱۷ a	۸/۶۹ a	۱/۵۷ a	۰/۱۳ a	۲/۸۳ a
		LSD۰.۰۵	۱۳۵۶۳	۱/۵۱	۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۳۸
۱۳۹۶-۹۷	کم‌آبیاری شدید	کرج	۴۳۲۳۳ a	۸/۵۴ a	۱/۳۹ a	۰/۱۳ b	۲/۰۱ a
		الیت	۴۰۲۸۳ a	۷/۹۶ a	۱/۴۱ a	۰/۱۴ ab	۲/۰۳ a
		اکیناتون	۳۹۸۱۷ a	۷/۸۶ a	۱/۴۹ a	۰/۱۴ ab	۲/۱۵ a
		وین	۴۳۴۶۷ a	۸/۵ a	۱/۶۲ a	۰/۱۴ ab	۲/۳۰ a
		الکس	۴۵۰۵۰ a	۸/۹ a	۱/۶۵ a	۰/۱۵ a	۲/۳۹ a
		LSD۰.۰۵	۹۶۹۹	۱/۹۱	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۳۹
۱۳۹۷-۹۸		کرج	۵۶۲۳۳ a	۹/۳۸ a	۱/۷۱ a	۰/۱۶ a	۲/۴۶ a
		الیت	۵۷۲۵۰ a	۹/۵۵ a	۱/۸۰ a	۰/۱۷ a	۲/۵۷ a
		اکیناتون	۵۴۰۶۷ ab	۹/۰۲ ab	۱/۶۸ ab	۰/۱۵ a	۲/۴۰ ab
		وین	۴۳۰۶۷ b	۷/۱۸ b	۱/۳۷ b	۰/۱۲ b	۱/۹۲ b
		الکس	۵۲۳۶۷ ab	۸/۷۴ ab	۱/۵۵ ab	۰/۱۴ ab	۲/۲۱ ab
		LSD۰.۰۵	۱۱۵۴۶	۱/۹۲	۰/۳۲	۰/۰۳	۰/۴۸

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

کارایی مصرف آب علوفه و ماده خشک

راندمان مصرف آب معمولاً به‌عنوان یک جزء مهم در عملکرد و تحمل به خشکی در نظر گرفته می‌شود. اثر سال بر کارایی مصرف آب ماده خشک در سطح احتمال پنج درصد و برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم در سطح احتمال پنج درصد برای صفات کارایی مصرف آب علوفه و ماده خشک معنی‌دار بود و اثر سال بر کارایی مصرف آب علوفه، اثر آبیاری، رقم و برهم‌کنش سال×رقم و آبیاری×رقم بر این غیر معنی‌دار بود (جدول ۴). در مقایسه بین دو سال آزمایش، اختلاف معنی‌داری بین کارایی مصرف آب علوفه مشاهده نشد، اما بالاترین کارایی مصرف آب ماده خشک (۱/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به‌دست آمد که حدود ۸ درصد بیش‌تر از سال اول بود (جدول ۵). در بین سطوح آبیاری اختلاف معنی‌داری بین کارایی مصرف آب علوفه و ماده خشک مشاهده نشد (جدول ۵). در بین ارقام نیز اختلاف معنی‌داری در کارایی مصرف آب علوفه و ماده خشک حاصل نگردید (جدول ۵). مدیریت آب از طریق تغییر در کمیت آبیاری در مراحل رویشی و زایشی سبب به حداقل رسیدن تبخیر و افزایش کارآیی آب برای رشد گیاه می‌شود (Zou *et al*., 2021). با این حال Golzardi و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که تحت تنش خشکی متوسط، کارایی مصرف آب برای تولید بیوماس نسبت به تیمار شاهد (آبیاری نرمال) افزایش یافت ولی تحت تنش شدید تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم به روش برش‌دهی نشان داد که حداکثر کارایی مصرف آب علوفه و ماده خشک در شرایط آبیاری نرمال در سال اول (به‌ترتیب ۹/۲۶، ۹/۲۴ و ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب) توسط ارقام وین و الکس و در سال دوم کارایی مصرف آب علوفه (۸/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب) توسط رقم وین حاصل شد اما اختلاف معنی‌داری بین کارایی مصرف آب ماده خشک مشاهده نشد؛ در حالی‌که حداقل کارایی مصرف آب علوفه و ماده خشک در سال اول در رقم اکیناتون و در سال دوم الیت، اکیناتون و الکس مشاهده گردید (جدول ۶). در آبیاری متوسط بیش‌ترین کارایی مصرف آب علوفه در سال اول (۸/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم کرج و کم‌ترین میزان (۶/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم وین به‌دست آمد در حالی‌که در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد و همچنین در هر دو سال اختلاف معنی‌داری بین کارایی مصرف آب ماده خشک حاصل نشد (جدول ۶). در تنش شدید اختلاف معنی‌داری بین ارقام در سال اول مشاهده نگردید اما در سال دوم رقم کرج و الیت به ترتیب با ۹/۳۸، ۹/۵۵، ۱/۷۱ و ۱/۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب، بالاترین میزان کارایی مصرف آب علوفه و ماده خشک را تولید نمودند و کم‌ترین میزان در رقم وین به دست آمد. Golzardi و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند ارقام دیررس‌تر، کارایی مصرف آب پایین‌تری دارند. احتمالاً در تنش کم‌آبی، ارقام شبدر با بستن روزنه‌ها یا کاهش تعداد روزنه‌ها یا کاهش سطح برگ خود باعث کاهش تعرق و تلفات آب شده و موجب افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

راندمان مصرف آب می‌شوند. افزایش کارآیی مصرف آب در تنش خشکی در سویا نیز گزارش‌شده است (Fried *et al.*, 2019).

محتوی و عملکرد پروتئین قابل متابولیسم و کارآیی مصرف آب برای پروتئین قابل متابولیسم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال در سطح احتمال پنج درصد و رقم در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش آبیاری×رقم و سال×آبیاری بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر آبیاری و برهم‌کنش سال×رقم غیر معنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه بین دو سال آزمایش، بیش‌ترین محتوای پروتئین قابل متابولیسم (۸/۷۸ درصد) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌دست آمد که حدود شش درصد بیش‌تر از سال ۹۸-۱۳۹۷ بود (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری نشان داد که محتوای پروتئین قابل متابولیسم دارای اختلاف معنی‌داری نبوده، اما بالاترین میزان (۹/۳۴ درصد) در تنش شدید حاصل شد (جدول ۸). میزان افزایش محتوای پروتئین قابل متابولیسم ۲۰ درصد نسبت به آبیاری نرمال بود (جدول ۸). مقایسه اثر رقم نشان داد که بیش‌ترین محتوای پروتئین قابل متابولیسم (۸/۸۲ و ۸/۷۰ درصد) در ارقام کرج و الکس و کم‌ترین آن در رقم وین حاصل شد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری×رقم به روش برش‌دهی نشان داد که در روش آبیاری نرمال، بیش‌ترین محتوای پروتئین قابل متابولیسم (۸/۲۰ درصد) در رقم کرج به‌دست آمد و کم‌ترین محتوای پروتئین قابل متابولیسم در رقم وین مشاهده شد (شکل ۱). در روش آبیاری متوسط بیش‌ترین محتوای پروتئین قابل متابولیسم از ارقام کرج و الکس و کم‌ترین محتوای پروتئین قابل متابولیسم از رقم وین به‌دست آمد (شکل ۱). در آبیاری تنش شدید، محتوای پروتئین قابل متابولیسم در واحد سطح در مقایسه با آبیاری نرمال به‌طور متوسط ۱۷ درصد افزایش یافت (شکل ۱).

جدول ۷: تجزیه واریانس پروتئین قابل متابولیسم و انرژی خالص شیردهی در شبدر برسیم و کارآیی مصرف آب آن‌ها در واکنش به تیمارهای آزمایش

		میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای پروتئین قابل متابولیسم	عملکرد پروتئین قابل متابولیسم	کارآیی مصرف آب برای پروتئین قابل متابولیسم	محتوای انرژی خالص شیردهی	عملکرد انرژی خالص شیردهی	کارآیی مصرف آب برای انرژی خالص شیردهی
سال	۱	۵/۵۶*	۶۶۱۵۴۹/۲۶**	۰/۰۰۰۳ns	۰/۰۰۴۳*	۳۶۹۴۵۷۳۰۹**	۰/۵۳*
بلوک (سال)	۴	۰/۳۲	۱۵۸۶۷/۱۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۳۱۷۶۲۲۴	۰/۰۵
آبیاری	۲	۱۸/۳۰ns	۷۸۰۹۱۱/۰۱ns	۰/۰۱۴۶ns	۰/۰۴۵۴**	۷۰۸۳۵۳۷۶*	۰/۵۰ns
سال×آبیاری	۲	۳/۲۶*	۹۴۷۷۸/۶۴*	۰/۰۰۱۶*	۰/۰۰۰۱ns	۱۲۶۷۷۵۸۹ns	۰/۱۷ns
خطای اصلی	۸	۰/۲۲	۶۱۶۴/۱۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۱۱۸۲۱۴۹	۰/۰۲
رقم	۴	۰/۹۶**	۲۲۶۴۷/۰۰ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۲۷**	۲۶۵۳۹۷۷ns	۰/۰۴ns
سال×رقم	۴	۰/۰۱ns	۲۱۸۹۱/۵۲ns	۰/۰۰۰۵ns	۰/۰۰۰۱ns	۶۰۳۵۷۰۳ns	۰/۱۳ns
آبیاری×رقم	۸	۰/۰۶ *	۱۳۸۵۳/۰۹ns	۰/۰۰۰۱ns	۰/۰۰۰۱ ns	۴۱۳۷۲۴۲ ns	۰/۰۴ ns
سال×آبیاری×رقم	۸	۰/۰۱ns	۱۲۳۲۶/۰۷ns	۰/۰۰۰۳*	۰/۰۰۰۱ns	۳۲۸۴۳۲۰ns	۰/۰۷*
خطای آزمایشی	۴۸	۰/۱۰	۷۳۶۴/۷۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۲۰۶۳۸۲۳	۰/۰۳
ضریب تغییرات		۳/۷۱	۸/۷۶	۹/۱۹	۱/۰۲	۸/۳۴	۸/۷۳

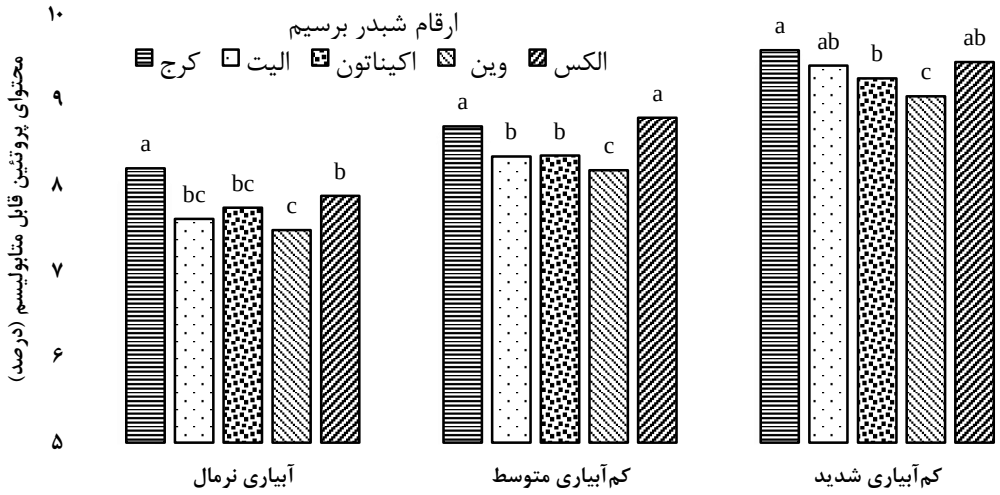
* و **: به ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد، ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

جدول ۸: اثر اصلی سال، آبیاری و رقم بر عملکرد پروتئین قابل متابولیسم، انرژی خالص شیردهی و کارآیی مصرف آب آن‌ها در شبدر برسیم

تیمار	محتوای پروتئین قابل متابولیسم (درصد)	عملکرد پروتئین قابل متابولیسم (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب برای پروتئین قابل متابولیسم (کیلوگرم بر مترمکعب)	محتوای انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در کیلوگرم)	عملکرد انرژی خالص شیردهی (مگاکالری در هکتار)	کار آیی مصرف آب برای انرژی خالص شیردهی (مگاکالری بر مترمکعب)
سال						
۱۳۹۶-۹۷	۸/۷۸ a	۸۹۳/۸۴ b	۰/۱۲ a	۱/۴۷ a	۱۵۱۹۶ b	۲/۰۲ b
۱۳۹۷-۹۸	۸/۲۸ b	۱۰۶۵/۳۰ a	۰/۱۲ a	۱/۴۵ b	۱۹۲۴۹ a	۲/۱۷ a
رژیم آبیاری						
آبیاری نرمال	۷/۷۸ a	۱۱۳۷/۶۰ a	۰/۱۰ a	۱/۵۰ a	۲۲۱۶۸ a	۲/۰۰ a
کم‌آبیاری متوسط	۸/۴۷ a	۹۸۶/۰۲ a	۰/۱۱ a	۱/۴۵ b	۱۷۰۴۶ b	۲/۰۴ a
کم‌آبیاری شدید	۹/۳۴ a	۸۱۵/۱۱ a	۰/۱۴ a	۱/۴۳ c	۱۲۴۵۴ c	۲/۲۴ a
رقم						
کرج	۸/۸۲ a	۹۹۵/۲۲ a	۰/۱۲ a	۱/۴۸ a	۱۷۰۸۴ a	۲/۰۷ a
الیت	۸/۴۵ b	۹۷۵/۵۵ a	۰/۱۲ a	۱/۴۵ c	۱۷۲۲۳ a	۲/۱۰ a
اکیناتون	۸/۴۵ b	۹۴۰/۶۵ a	۰/۱۱ a	۱/۴۶ b	۱۶۷۲۲ a	۲/۰۴ a
وین	۸/۲۳ c	۹۵۵/۲۵ a	۰/۱۱ a	۱/۴۴ d	۱۷۳۰۰ a	۲/۰۸ a
الکس	۸/۷۰ a	۱۰۳۱/۲۰ a	۰/۱۲ a	۱/۴۶ b	۱۷۷۸۳ a	۲/۱۷ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار هستند (آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد).



شکل ۱: برهم‌کنش آبیاری×رقم بر محتوای پروتئین قابل متابولیسم علوفه شبدر

در مطالعات زیادی گزارش شده است که تحت تنش خشکی، محتوی پروتئین علوفه به علت تجمع نیتروژن، افزایش پیدا می‌کند (Fariaszewska *et al*., 2020; Sah *et al*., 2020; Golzardi *et al*., 2017). Jahanzad و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که محتوای پروتئین علوفه تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد. ایشان دلیل این موضوع را افزایش شدت تنفس و کاهش جذب مواد غذایی و در نتیجه کاهش محتوی کربوهیدارت‌های ذخیره‌شده دانستند. همچنین بیان نمودند که افزایش غلظت پروتئین در شرایط تنش خشکی باعث افزایش فشار اسمزی سلول می‌شود (Jahanzad *et al*., 2013).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال در سطح احتمال یک درصد و سال×آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر صفت عملکرد پروتئین قابل متابولیسم معنی‌دار بود، اما اثر آبیاری، رقم و برهم‌کنش سال×رقم، رقم×آبیاری و سال×آبیاری×رقم غیر معنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه بین دو سال آزمایش، بیش‌ترین عملکرد پروتئین قابل متابولیسم (۱۰۶۵/۳۰ کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به‌دست آمد که حدود ۱۹ درصد بیش‌تر از سال ۹۷-۱۳۹۶ بود (جدول ۸). هر چند اثر اصلی رژیم آبیاری بر عملکرد پروتئین قابل متابولیسم معنی‌دار نبود، اما بالاترین میزان این صفت (۱۱۳۷/۶۰ کیلوگرم در هکتار) در رژیم آبیاری نرمال حاصل شد (جدول ۸). میزان کاهش عملکرد پروتئین قابل متابولیسم در تیمارهای کم‌آبیاری متوسط و شدید به‌ترتیب ۱۳ و ۲۸ درصد نسبت به آبیاری نرمال بود (جدول ۸). مقایسه اثر رقم نشان داد که عملکرد پروتئین قابل متابولیسم دارای اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۸). Zou و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی، محتوای پروتئین علوفه افزایش و عملکرد پروتئین کاهش یافت. ایشان دلیل این تغییرات را به تجمع نیتروژن در بافت‌های گیاهی و کاهش تولید ماده خشک مرتبط دانستند (Zou *et al*., 2021). تنش کم‌آبی ملایم می‌تواند باعث افزایش سطح، تراکم و یا طول ریشه شود و به‌دنبال آن جذب مواد مغذی را تا حدی بهبود بخشد؛ در نتیجه نیتروژن معدنی موجود در گیاهان ممکن است در این شرایط افزایش یابد (Kapoor *et al*., 2020).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهم‌کنش سال×آبیاری و سال×آبیاری×رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما اثر سال، آبیاری، رقم و برهم‌کنش سال×رقم و آبیاری×رقم غیرمعنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه بین دو سال آزمایش، آبیاری و رقم اختلاف معنی‌داری بین کارایی مصرف آب پروتئین قابل متابولیسم مشاهده نشد (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم به روش برش‌دهی نشان داد که حداکثر کارایی مصرف آب پروتئین قابل متابولیسم در شرایط آبیاری نرمال در سال اول (۰/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) توسط رقم الکس و کم‌ترین میزان در رقم اکیناتون حاصل شد؛ در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین کارایی مصرف آب پروتئین قابل متابولیسم مشاهده نشد (جدول ۶). در آبیاری متوسط بیش‌ترین کارایی مصرف آب پروتئین قابل متابولیسم در سال اول (۰/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم الکس و کم‌ترین میزان (۰/۱ کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم اکیناتون و وین به‌دست آمد در حالی‌که در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین ارقام مشاهده نگردید (جدول ۶). در تنش شدید بیش‌ترین کارایی مصرف آب پروتئین قابل متابولیسم در سال اول (۰/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم الکس و کم‌ترین میزان (۰/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب) در رقم کرج به‌دست آمد، در سال دوم ارقام اکیناتون، الیت و کرج به‌ترتیب با ۰/۱۵، ۰/۱۷ و ۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب، بالاترین میزان کارایی مصرف آب پروتئین قابل متابولیسم را تولید نمودند و کم‌ترین میزان در رقم وین به‌دست آمد. Ul-Allah و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی نظام‌های زراعی شبدر-ذرت و یولاف-سودان‌گراس گزارش کردند که تحت شرایط کم‌آبیاری،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

کارایی مصرف آب برای تولید پروتئین افزایش یافت، به طوری که در تیمار مصرف ۵۰٪ آب آبیاری، کارایی مصرف آب برای تولید پروتئین حدود ۶۹ درصد بیشتر از تیمار آبیاری کامل بود.

انرژی خالص برای شیردهی و کارآیی مصرف آب برای تولید انرژی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال در سطح احتمال پنج درصد و آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد بر صفت محتوای انرژی خالص برای شیردهی معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش سال×آبیاری، سال×رقم، آبیاری×رقم و سال×آبیاری×رقم غیر معنی‌دار شد (جدول ۷). در مقایسه بین دو سال آزمایش، بیش‌ترین محتوای انرژی خالص برای شیردهی (۱/۴۷ مگاکالری بر کیلوگرم) در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به‌دست آمد که حدود ۱/۴ درصد بیش‌تر از سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ بود (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر اصلی رژیم آبیاری نشان داد که بالاترین و کم‌ترین محتوای انرژی خالص برای شیردهی (به‌ترتیب ۱/۵۰ و ۱/۴۳ مگاکالری بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری نرمال و کم‌آبیاری شدید حاصل شد (جدول ۸). میزان کاهش محتوای انرژی خالص برای شیردهی در تنش متوسط سه درصد و تنش شدید ۴/۵ درصد نسبت به آبیاری نرمال بود (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر اصلی رقم نیز نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان این صفت (به‌ترتیب ۱/۴۸ و ۱/۴۴ مگاکالری بر کیلوگرم) به‌ترتیب در رقم کرج و وین حاصل شد (جدول ۸). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال در سطح احتمال یک درصد و اثر آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر صفت عملکرد انرژی خالص برای شیردهی معنی‌دار بود، اما اثر رقم و برهم‌کنش سال×آبیاری، سال×رقم، آبیاری×رقم و سال×آبیاری×رقم غیرمعنی‌دار شد (جدول ۷). مقایسه بین دو سال آزمایش نشان داد که بیش‌ترین عملکرد انرژی خالص برای شیردهی (۱۹۲۴۹ مگاکاری در هکتار) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷به‌دست آمد که حدود ۲۱ درصد بیش‌تر از سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بود (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر اصلی رژیم آبیاری نشان داد که بالاترین و کم‌ترین عملکرد انرژی خالص برای شیردهی (به‌ترتیب ۲۲۱۶۸ و ۱۲۴۵۴ مگاکالری در هکتار) به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری نرمال و کم‌آبیاری شدید حاصل شد (جدول ۸). میزان کاهش عملکرد انرژی خالص برای شیردهی در تنش متوسط ۲۳ درصد و تنش شدید ۴۳ درصد نسبت به آبیاری نرمال بود (جدول ۸). مقایسه اثر ارقام نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین عملکرد انرژی خالص برای شیردهی نبود (جدول ۸). Nematpour و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر تنش خشکی بر ارزن علوفه‌ای گزارش کردند که تحت شرایط تنش، محتوی انرژی خالص برای شیردهی افزایش و عملکرد آن کاهش یافت. ایشان افزایش محتوی انرژی علوفه را با کاهش محتوی فیبر نامحلول در شوینده اسیدی تحت تنش خشکی مرتبط دانستند (Nematpour *et al*., 2020). سیف و همکاران (۱۳۹۸) گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، محتوی فیبر نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه ذرت به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ بنابراین با توجه به رابطه منفی بین فیبر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

شوینده اسیدی و انرژی خالص شیردهی (Jahanzad *et al*., 2013) می‌توان نتیجه گرفت که تنش خشکی سبب کاهش محتوی انرژی در ذرت علوفه‌ای شده است (سیف و همکاران، ۱۳۹۸).

اثر سال بر کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی در سطح احتمال پنج درصد و برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم در سطح احتمال پنج درصد برای صفت کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی معنی‌دار بود و اثر آبیاری، رقم و برهم‌کنش سال×رقم، سال×آبیاری و رقم×آبیاری بر کارایی مصرف آب علوفه انرژی خالص برای شیردهی غیر معنی‌دار بود (جدول ۷). در مقایسه بین دو سال آزمایش بالاترین کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی (۲/۱۷ مگاکالری بر مترمکعب) در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به‌دست آمد که حدود ۷ درصد بیشتر از سال اول بود (جدول ۸). در بین سطوح آبیاری اختلاف معنی‌داری بین کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی مشاهده نشد (جدول ۸). در بین ارقام نیز اختلاف معنی‌داری در کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی حاصل نگردید (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش سال×آبیاری×رقم به روش برش‌دهی نشان داد که حداکثر کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی در شرایط آبیاری نرمال در سال اول (به‌ترتیب ۲/۱۴ و ۲/۱۸ مگاکالری بر مترمکعب) توسط ارقام الکس و وین و کم‌ترین میزان در رقم اکیناتون حاصل شد و در سال دوم کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در آبیاری متوسط بیش‌ترین کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی در سال اول (۲/۰۵ مگاکالری بر کیلوگرم) در رقم الکس و کم‌ترین میزان (به‌ترتیب ۱/۷۹ و ۱/۸۲ مگاکالری بر مترمکعب) در رقم وین و اکیناتون به دست آمد در حالی‌که در سال دوم اختلاف معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (جدول ۶). در تنش شدید اختلاف معنی‌داری بین ارقام در سال اول مشاهده نگردید اما در سال دوم رقم کرج و الیت به‌ترتیب با ۲/۴۶ و ۲/۵۷ مگاکاری بر مترمکعب بالاترین میزان کارایی مصرف آب انرژی خالص برای شیردهی را تولید نمودند و کم‌ترین میزان در رقم وین به دست آمد.

Ul-Allah و همکاران (۲۰۱۴) اثر تنش کم‌آبی را بر نظام‌های زراعی شبدر-ذرت و یولاف-سودان‌گراس بررسی کردند و نشان دادند که با کاهش مصرف آب آبیاری، کارایی مصرف آب برای تولید انرژی قابل متابولیسم در علوفه افزایش یافت، به طوری‌که با صرفه‌جویی ۵۰ درصد آب آبیاری، کارایی مصرف آب برای تولید انرژی در کشت زمستانه و تابستانه به ترتیب حدود ۸۰ و ۶۰ درصد افزایش یافت. هر عاملی که تبخیر و تعرق را کاهش دهد باعث افزایش کارآیی مصرف آب خواهد شد. افزایش مقاومت روزنه‌ای، کاهش تعداد روزنه‌ها در واحد سطح برگ و همچنین کاهش شاخص سطح برگ به‌عنوان واکنش‌های گیاهان زراعی در برابر تنش کم‌آبی شناخته شده‌اند. این تغییرات فیزیولوژیکی به نوبه خود باعث کاهش نرخ تعرق و میزان تلفات آب شده و راندمان مصرف آب را بهبود می‌بخشد (Wang *et al*., 2021; Zou *et al*., 2021).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که محدودیت آب، سبب کاهش عملکرد علوفه و ماده خشک می‌شود، به طوری‌که در همه ارقام، بیش‌ترین عملکرد ماده خشک مربوط به آبیاری نرمال بود. بیش‌ترین عملکرد علوفه در هر سه سطح آبیاری، از رقم برسیم، وین و کرج و کم‌ترین آن از رقم اکیناتون به‌دست آمد. بیش‌ترین محتوای پروتئین قابل متابولیسم در سطح آبیاری کم‌آبیاری شدید و از ارقام کرج و الکس به‌دست آمد. با اعمال تنش خشکی عملکرد ماده خشک کاهش یافت، در مقابل میزان محتوای پروتئین قابل متابولیسم افزایش یافت. کارایی مصرف آب نیز برای تولید عملکرد علوفه، ماده خشک، پروتئین قابل متابولیسم و انرژی خالص شیردهی، افزایش یافت. افزایش کارایی مصرف آب در تنش خشکی برای تولید عملکرد علوفه و ماده خشک در تمام ارقام دارای روند یکسانی بود. درمجموع بررسی روند تغییرات صفات کمی و کیفی در تنش خشکی نشان داد که ارقام برسیم از نظر عملکرد علوفه و عملکرد پروتئین ارقام مناسبی برای منطقه کرج هستند اما حساسیت نسبتاً شدیدی به تنش کم‌آبی نشان دادند.

منابع

دولت‌مند شهری، ن.، حق‌شناس، م. ۱۳۹۶. اثر مقادیر مختلف رطوبتی خاک در سطوح مختلف سالیسیلیک اسید بر فعالیت آنزیمی و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی یونجه. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۳۳): ۹۹-۱۱۸.

رحیمی، ع.ا.، مدحج، ع.، مجدم، م. ۱۳۹۷. مطالعه جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های یونجه (*Medicago sativa* L.) تحت اثر تنش خشکی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰ (۴۰): ۱۲۹-۱۴۴.

زمانیان، م.، رضایی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه لاین‌های شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) در شرایط اقلیمی کرج. مجله علوم زراعی ایران. ۷ (۴): ۲۸۷- ۲۷۳.

زمانیان، م.، شاهوردی، م. ۱۳۹۶. پایداری عملکرد علوفه لاین‌های امیدبخش شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.). مجله به نژادی نهال و بذر. ۱-۳۳ (۲): ۱۹۴- ۱۷۷.

سیف، ف.، عزیزی، ف.، پاکنژاد، ف.، کاشانی، ع.، شهابی فر، م. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر تنش خشکی و کلینوپتیلولیت بر عملکرد و کیفیت هیبریدهای ذرت سیلویی. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱ (۴۲): ۱۲۷-۱۴۶.

عاشوری، ن.، عبدی، م.، گل‌زردی، ف.، اجلی، ج.، ایلکایی، م.ن. ۱۳۹۹. اثر نسبت‌های افزایشی و جایگزینی در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) و شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) بر تولید علوفه. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲ (۳): ۲۵۱- ۲۳۹.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

مقصودی دماوندی، ب.، لک، ش.، غفاری، م.، علوی فاضل، م.، ساکی نژاد، ط. ۱۳۹۹. بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) جهت تعیین لاین‌های حساس و متحمل در شرایط تنش خشکی. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۲ (۴۶):۹۷-۱۱۰.

نعمت‌الهی، د.، عیسوند، ح.، مدرس ثانوی، ع.، اکبری، ن.، اسماعیلی، ا. ۱۳۹۹. بررسی تاثیر کم‌آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گونه‌های شبدر (*Trifolium* ssp) تحت مدیریت نهاده. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۵۱ (۳): ۴۷-۵۷.

Abdelkhalik, A., Pascual, B., Najera, I., Baixauli, C. and Pascual-seva, N. 2019. Deficit irrigation as a sustainable practice in improving irrigation water use efficiency in cauliflower under mediterranean conditions. Agronomy. 9(11): 732-735.

Allahdadi, M. and Bahreininejad, B. 2019. Effects of water stress on growth parameters and forage quality of globe artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.). Agricultural Research. 38: 101-110.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. 56: 26-40.

Ates, E. 2016. Determining drought tolerance of new fodder pea and Persian clover genotypes at the germination and early seedling stages. Fresenius Environmental Bulletin. 25(12a): 6020-6029.

Baghdadi, A., Balazadeh, M., Kashani, A., Golzardi, F., Gholamhoseini, M. and Mehrnia, M. 2017. Effect of pre-sowing and nitrogen application on forage quality of silage corn. Agronomy Research. 15(1): 11-23.

Bakhtiyari, F., Zamanian, M. and Golzardi, F. 2020. Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. South-Western Journal of Horticulture, Biology and Environment. 11(1): 49-65.

Bansal, S., Thakur, A., Singh, S. Bakshi, M. 2019. Changes in crop physiology under drought stress : A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 8(4): 1251-1253.

Bozhanska, T., Mihovski, T., Naydenova, G., Knotová, D. and Pelikán, J. 2016. Comparative studies of annual legumes. Biotechnology in Animal Husbandry. 32 (3): 311-320.

Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H.L., Waskom, R. M., Niu, Y. and Siddique, K.H.M. 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. Agronomy for Sustainable Development. 36: 1-21.

Chaichi, M.R., Nurre, P., Slaven, J. and Rostamzadeh, M. 2015. Surfactant application on yield and irrigation water use efficiency in corn under limited irrigation. Crop Science. 55(1): 386-393.

Damborg, V.K., Jensen, S.K., Johansen, M., Ambye-Jensen, M. and Weisbjerg, M.R. 2019. Ensiled pulp from biorefining increased milk production in dairy cows compared with grass–clover silage. Journal of Dairy Science. 102(10): 8883-8897.

Daneshnia, F., Amini, A. and Chaichi, M.R. 2015. Surfactant effect on forage yield and water use efficiency for berseem clover and basil in intercropping and limited irrigation treatments. Agricultural Water Management. 160: 57-63.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

Du, T., Kang, S., Zhang, J. and Davies, W.J. 2015. Deficit irrigation and sustainable water-resource strategies in agriculture for China's food security. Journal of Experimental Botany. 66(8): 2253-2269.

Fariaszewska, A., Aper, J., Van Huylenbroeck, J., De Swaef, T., Baert, J. and Pecio, L. 2020. Physiological and biochemical responses of forage grass varieties to mild drought stress under field conditions. International Journal of Plant Production. 14(2): 335-353.

Fried, H.G., Narayanan, S. and Fallen, B. 2019. Evaluation of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes for yield, water use efficiency, and root traits. PLoS ONE. 14(2): 1-18.

Garg, N.K. and Dadhich, S.M. 2014. Integrated non-linear model for optimal cropping pattern and irrigation scheduling under deficit irrigation. Agricultural Water Management. 140: 1-13.

Golzardi, F., Baghdadi, A. and Keshavarz Afshar, R. 2017. Alternate furrow irrigation affects yield and water-use efficiency of maize under deficit irrigation. Crop and Pasture Science. 68: 726-734.

Hussain, M.M., Rauf, S., Paderewski, J., Ulhaq, I., Sienkiewicz-Paderewska, D. and Monneveux, P. 2015. Multitraits evaluation of Pakistani ecotypes of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) under full-irrigation and water restriction conditions. Journal of Applied Botany and Food Quality. 88: 127-133.

Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaich, M. R. and Dashtaki, M. 2013. Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. Agricultural Water Management. 117: 62-69.

Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M. and Sharma, A. 2020. The impact of drought in plant metabolism: How to exploit tolerance mechanisms to increase crop production. Applied Sciences. 10(16): 5692.

Mulovhedzi, N.E., Araya, N.A., Mengistu, M.G., Fessehazion, M.K., Du Plooy, C.P., Araya, H.T. and Van Der Laan, M. 2020. Estimating evapotranspiration and determining crop coefficients of irrigated sweet potato (*Ipomoea batatas*) grown in a semi-arid climate. Agricultural Water Management. 233: 106099.

Nematpour, A., Eshghizadeh, H.R., Zahedi, M., Ghorbani, G.R. 2020. Millet forage yield and silage quality as affected by water and nitrogen application at different sowing dates. Grass and Forage Science. 75: 169-180.

Ohno, H., Banayo, N.P.M.C., Bueno, C., Kashiwagi, J.i., Nakashima, T., Iwama, K., Corales, A.M., Garcia, R. and Kato, Y. 2018. On-farm assessment of a new early-maturing drought-tolerant rice cultivar for dry direct seeding in rainfed lowlands. Field Crops Research. 219: 222-228.

Sah, R.P., Chakraborty, M., Prasad, K., Pandit, M., Tudu, V.K., Chakravarty, M.K., Narayan, S.C., Rana, M. and Moharana, D. 2020. Impact of water deficit stress in maize: phenology and yield components. Scientific Reports. 10(1): 1-15.

Ul-Allah, S., Khan, A.A., Fricke, T., Buerkert, A. and Wachendorf, M. 2014. Fertilizer and irrigation effects on forage protein and energy production under semi-arid conditions of Pakistan. Field Crops Research. 159: 62-69.

Wang, L., Xie, J., Luo, Z., Niu, Y., Coulter, J.A., Zhang, R. and Lingling, L. 2021. Forage yield, water use efficiency, and soil fertility response to alfalfa growing age in the semiarid Loess Plateau of China. Agricultural Water Management. 243: 106415.

Zandonadi, C. H. S., Albuquerque, C. J. B., Freitas, R. S., Paula, A. D. M. and Clemente, M. A. 2017. Agronomic characteristics and macronutrient export of grain sorghum hybrids from different sowing dates. Ciência e Agrotecnologia. 41: 7–14.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

Zhao, W., Liu, L., Shen, Q., Yang, J., Han, X., Tian, F. and Wu, J. 2020. Effects of water stress on photosynthesis, yield, and water use efficiency in winter wheat. Water. 12(8): 1-19.

Zou, Y., Saddique, Q., Ali, A., Xu, J., Khan, M. I., Qing, M., Azmat, M., Cai, H. and Siddique, K.H.M. 2021. Deficit irrigation improves maize yield and water use efficiency in a semi-arid environment. Agricultural Water Management. 243: 106483.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]