# اثر روش‌های مختلف آبیاری بر تولید پروتئین و کارایی مصرف نیتروژن در نظام‌های کشت مخلوط سورگوم و آمارانت علوفه‌ای

امیر صالح بغدادی[۱]، فرزاد پاک‌نژاد[۲]، فرید گل‌زردی[*۳]، مسعود هاشمی[۴] و محمد نبی ایلکایی[۵]

۱) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۲) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۳) استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۴) استاد کشاورزی استوک‌بریج، امهرست، دانشگاه ماساچوست، ماساچوست، آمریکا.

۵) دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

**[*]نویسنده مسئول: f.golzardi@areeo.ac.ir**

**این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.**

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۰۳** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۰۵**

## چکیده

**به‌منظور بررسی اثر روش‌های آبیاری و نظام‌های کشت مخلوط سورگوم و آمارانت علوفه‌ای بر تولید علوفه و پروتئین و همچنین کارایی مصرف نیتروژن، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. روش‌های آبیاری در سه سطح (آبیاری جویچه‌ای مرسوم، یک‌درمیان ثابت و متغیر) به‌عنوان عامل اصلی و الگوهای مختلف کشت مخلوط در شش سطح (شامل سه الگوی کشت مخلوط ردیفی، یک الگوی کشت درهم و دو الگوی کشت خالص سورگوم و آمارانت علوفه‌ای) به‌عنوان عامل فرعی بررسی شدند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه در روش‌های آبیاری مرسوم و یک‌درمیان ثابت (به‌ترتیب ۷۷/۳۶ و ۴۹/۳۹ تن در هکتار) به‌ترتیب در کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای و کشت خالص سورگوم حاصل شد، درحالی‌که در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب، تیمارهای تک‌کشتی سورگوم و کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم+ ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای بالاترین عملکرد علوفه را تولید کردند. بیشترین محتوی پروتئین آمارانت علوفه‌ای و سورگوم (به‌ترتیب ۱۰۹ و ۷۵ گرم در کیلوگرم) در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت مشاهده شد درحالی‌که حداکثر عملکرد پروتئین (۱۲۱۷ کیلوگرم در هکتار) در روش آبیاری مرسوم به‌دست آمد. بیشترین جذب نیتروژن (۲۳۱/۳۵ کیلوگرم در هکتار) در روش آبیاری مرسوم و با کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت حاصل شد. در تمام روش‌های آبیاری، بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در تک‌کشتی سورگوم و پس از آن، در تیمارهای کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای و کشت درهم ثبت شد. به‌طورکلی نظام‌های کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای و ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪ آمارانت علوفه‌ای به‌ترتیب برای شرایط آبیاری مرسوم و یک در میان متغیر و کشت خالص سورگوم برای شرایط آبیاری یک‌درمیان ثابت قابل‌توصیه می‌باشند.**

**واژه‌های کلیدی:** پروتئین، تک‌کشتی، عملکرد و کشت درهم.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

**مقدمه**

تأمین آب کافی برای تولید غذا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به‌عنوان اصلی‌ترین چالش پیش روی کشاورزی در این مناطق شناخته شده است (ذاکرنژاد و همکاران، ۱۳۹۶). برای به حداکثر رساندن بهره‌وری تولید محصولات زراعی با استفاده از منابع محدود آب لازم است به کشت محصولات کم‌توقع از نظر نیاز به نهاده‌ها، راه‌کارهای صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری و کشت مخلوط گیاهان زراعی توجه کرد (موسویان و سید محمدی، ۱۳۹۴؛ عاشوری و همکاران، ۱۳۹۹؛ Golzardi *et al*., 2017). کشت مخلوط به‌عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی، اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک و بهره‌برداری بیشتر از منابع را دنبال می‌کند (عاشوری و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج یک فراتحلیل نشان می‌دهد که در نظام‌های کشت مخلوط می‌توانند عملکرد و پایداری را افزایش دهند و در نتیجه سهم مهمی را در تولید پایدار و اکولوژیکی محصولات کشاورزی برای پاسخگویی به تقاضای جهانی غذا ایفا نمایند (Raseduzzaman and Jensen, 2017). سورگوم از غلات گرمسیری چهارکربنه است که به‌دلیل دارا بودن مزایای مختلف نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای، از جمله انعطاف‌پذیری زیاد در برابر تنش‌های محیطی به‌خصوص خشکی و گرما به یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تبدیل‌شده است (ممبینی و همکاران، ۱۳۹۶؛ گل‌زردی و همکاران، ۱۳۹۸). در بسیاری از مناطق دارای محدودیت از جمله تحت شرایط کم‌آبی و هم‌چنین در خاک‌هایی با حاصلخیزی نامطلوب، سورگوم علوفه‌ای به‌عنوان جایگزینی بسیار مناسب برای ذرت مطرح شده است (گل‌زردی و همکاران، ۱۳۹۸). آمارانت علوفه‌ای نیز گیاهی چهارکربنه با سرعت رشد بالا، مصرف کارآمد آب و محتوی پروتئین مناسب برای تغذیه دام است (Iftikhar and Khan, 2019). ژنوتیپ‌های آمارانت علوفه‌ای با عملکرد بالای ماده خشک و سهم بالای برگ‌ها در کل ماده خشک برای تولید علوفه انتخاب مناسبی هستند (Ahrar *et al*., 2020). کشت مخلوط سورگوم با سایر گیاهان زراعی می‌تواند اثرات منفی تنش‌های محیطی (از جمله خشکی و گرما) بر تولید علوفه آن‌ها را کاهش دهد. دشتکی و چایی‌چی (۱۳۹۱) با بررسی تولید علوفه در نظام‌های کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و خلر در شرایط کم‌آبیاری گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی شدید، با افزایش نسبت خلر در کشت مخلوط با سورگوم (از ۶۰ به ۱۰۰ درصد)، عملکرد علوفه افزایش یافت. عاشوری و همکاران (۱۳۹۹) در ارزیابی پتانسیل تولید علوفه در نظام‌های کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و شبدر برسیم گزارش کردند که بیشترین تولید علوفه و حداکثر عملکردِ پروتئین خام در تیمار کشت مخلوط ۱۰۰٪شبدر + ۱۰۰٪ سورگوم به‌دست آمد. اسکندری و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه در نظام‌های کشت مخلوط نشان دادند که در مناطقی که با محدودیت آب مواجه هستند، آبیاری جزیی ریشه، روش مدیریتی مناسبی برای تولید علوفه در کشت مخلوط گندم و شبدر ایرانی می‌باشد. سنجانی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه بر کشت مخلوط

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

سورگوم و لوبیا چشم بلبلی، تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ سورگوم + ۴۵٪ لوبیا چشم بلبلی را به‌عنوان بهترین ترکیب کشت به‌منظور استفاده بهتر از منابع و عملکرد بالاتر توصیه نمودند. Dahmardeh و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تولید علوفه در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی گزارش کردند که بالاترین عملکرد ماده خشک (۳۰۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) با کشت مخلوط ۱۰۰٪ ذرت+۱۰۰٪ لوبیا چشم بلبلی حاصل شد. شبیری و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که کشت مخلوط ۵۰٪ ماشک گل‌خوشه‌ای+۵۰٪ تریتیکاله با تولید ۸۸۵۰ کیلوگرم ماده خشک در هکتار نسبت به سایر تیمارهای موردبررسی بیشترین عملکرد را تولید کرد. خشکی موضعی در ناحیه ریشه روشی است که در آن نیمی از سیستم ریشه آبیاری می‌شود و نیمی دیگر در معرض خاک خشک باقی می‌ماند (Golzardi *et al*., 2017). بسته به شرایط رشدی گیاه و همچنین وضعیت رطوبتی خاک، مقاطع مرطوب و خشک ممکن است به‌طور متناوب در طول فصل تعویض شوند، اما آبیاری به‌صورت نیمه‌خشک/نیمه‌مرطوب حفظ خواهد شد (لطفی‌آقا و همکاران، ۱۳۹۶). تفاوت سیستم ریشه‌ای و محدوده متفاوت جذب آب و عناصر غذایی در سورگوم و آمارانت علوفه‌ای باعث می‌شود که در کشت مخلوط این گیاهان، ریشه‌های دو گونه تداخلی در فرآیند جذب گونه دیگر ایجاد نکند. با توجه به موارد ذکر شده، تولید علوفه با مصرف کمتر آب آبیاری، از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف آزمایش حاضر بررسی پتانسیل تولید علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط سورگوم و آمارانت علوفه‌ای تحت روش‌های مختلف آبیاری بود تا بهترین الگوی کاشت که بتواند با حداقل مصرف آب آبیاری، عملکرد کمی و کیفی مطلوبی تولید نماید، شناسایی شود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با طول و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸۰ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۹۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲۵۳ متر از سطح دریا به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آمار هواشناسی ماهانه محل اجرای آزمایش طی دوره اجرا در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در جدول ۱ آورده شده است.

**جدول ۱: آمار هواشناسی ماهانه محل اجرا طی دوره آزمایش در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷**

| دوره زمانی | سال ۱۳۹۷ | | | | سال ۱۳۹۸ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | میانگین دمای هوا | حداقل دمای هوا | حداکثر دمای هوا | تبخیر | بارش | میانگین دمای هوا | حداقل دمای هوا | حداکثر دمای هوا | تبخیر | بارش |
| | (درجه سانتی‌گراد) | | | (میلی‌متر) | | (درجه سانتی‌گراد) | | | (میلی‌متر) | |
| ۱۱ خرداد-۹ تیر | ۲۵ | ۱۷ | ۳۴ | ۳۳۴ | ۷ | ۲۷ | ۱۹ | ۳۵ | ۲۹۷ | ۰ |
| ۱۰ تیر-۹ مرداد | ۳۲ | ۲۳ | ۳۹ | ۴۷۲ | ۰ | ۲۹ | ۲۰ | ۳۷ | ۳۵۳ | ۰ |
| ۱۰ مرداد-۹ شهریور | ۲۸ | ۲۰ | ۳۶ | ۴۲۶ | ۰ | ۲۷ | ۱۹ | ۳۵ | ۳۰۰ | ۰ |
| ۱۰ شهریور-۸ مهر | ۲۴ | ۱۷ | ۳۲ | ۲۶۶ | ۱ | ۲۲ | ۱۴ | ۳۱ | ۲۰۸ | ۰ |

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

قبل از اجرای آزمایش، از خاک مزرعه نمونه‌برداری و تجزیه فیزیکی و شیمیایی آن انجام شد (جدول ۲). بر اساس نتایج تجزیه خاک و بر اساس نیاز غذایی آمارانت و سورگوم علوفه‌ای، کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت به زمین اضافه شد. در مرحله ۶-۴ برگی بوته‌ها نیز مقدار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به‌صورت سرک همراه با آبیاری مصرف شد.

**جدول ۲: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

| سال | بافت خاک | شن | لای | رس | نیتروژن | مواد آلی | اسیدیته | پتاسیم | فسفر | ظرفیت زراعی | نقطه پژمردگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (درصد) | | | | | | (میلی‌گرم در کیلوگرم) | | (درصد) | |
| ۱۳۹۷ | لومی ـ رسی | ۲۴ | ۴۹ | ۲۷ | ۰/۰۶ | ۰/۵۸ | ۷/۲۴ | ۲۵۶ | ۱۲/۶۰ | ۳۳ | ۱۱ |
| ۱۳۹۸ | لومی ـ رسی | ۲۶ | ۴۶ | ۲۸ | ۰/۰۵ | ۰/۵۶ | ۷/۲۱ | ۲۴۸ | ۱۲/۱۰ | ۳۲ | ۱۰ |

عامل اصلی شامل روش‌های مختلف آبیاری در سه سطح (آبیاری جویچه‌ای معمول، یک‌درمیان ثابت و یک‌درمیان متغیر) و عامل فرعی شامل نسبت‌های مختلف کشت در شش سطح (سه الگوی کشت مخلوط ردیفی، یک الگوی کشت درهم و دو الگوی کشت خالص سورگوم و آمارانت علوفه‌ای) بود. در الگوهای کشت مخلوط ردیفی از نسبت‌های ۷۵٪ سورگوم + ۲۵٪آمارانت (سه ردیف سورگوم: یک ردیف آمارانت)، ۵۰٪سورگوم +۵۰٪آمارانت (یک ردیف سورگوم: یک ردیف آمارانت) و ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت (یک ردیف سورگوم: سه ردیف آمارانت) استفاده شد. در الگوهای کشت مخلوط ردیفی، چهار ردیف وسط هر کرت بر اساس الگوی مخلوط مورد نظر کشت شدند. به عنوان مثال اگر حرف S نشان‌دهنده کشت یک ردیف سورگوم و حرف A نشان‌دهنده یک ردیف آمارانت باشد، در تیمار کشت مخلوط ردیفی ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت از الگوی کشت S-A-S-S-S-A برای کاشت شش ردیف کرت استفاده شد، به نحوی که چهار خط وسط کرت یعنی A-S-S-S، نشان دهنده ترکیب مخلوط بود (سه ردیف سورگوم در کنار هم و سپس یک ردیف آمارانت) و نمونه‌برداری هم فقط از آن‌ها انجام شد. به طور مشابه در تیمار کشت مخلوط ردیفی ۵۰٪ سورگوم +۵۰٪ آمارانت از الگوی کشت S-A-S-A-S-A و در کشت مخلوط ردیفی ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت نیز از الگوی A-S-A-A-A-S برای کشت شش ردیف کرت استفاده شد. در الگوی کشت درهم نیز بذرهای سورگوم و آمارانت علوفه‌ای با نسبت مساوی (بر اساس ۱۰۴ هزار بوته در هکتار سورگوم + ۱۰۴ هزار بوته در هکتار آمارانت) مخلوط و سپس کشت شدند. به منظور کاشت بذور در تمام الگوهای کشت خالص، مخلوط و درهم، در وسط پشته‌ها، شیارهایی به عمق ۲ سانتی‌متر ایجاد و بذور به طور دستی در آن‌ها کشت شدند. در تمام روش‌های آبیاری و الگوهای کشت موردبررسی، کرت‌های آزمایشی شامل شش ردیف کاشت (جوی و پشته) به طول شش متر بودند و فاصله بین پشته‌ها ۶۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. در تمام الگوهای کشت

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

خالص، مخلوط و درهم، سورگوم و آمارانت علوفه‌ای بر اساس تراکم ۲۰۸ هزار بوته در هکتار کشت شدند (فاصله بوته‌ها روی خطوط کشت معادل ۸ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط ۶۰ سانتی‌متر بود)، به‌طوری‌که تیمارهای کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم +۵۰٪آمارانت و کشت درهم این گیاهان، بر اساس تراکم ۱۰۴ هزار بوته سورگوم + ۱۰۴ هزار بوته آمارانت در هر هکتار کشت شدند. در تیمار کشت مخلوط ۷۵٪ سورگوم + ۲۵٪ آمارانت، ۱۵۶ هزار بوته سورگوم + ۵۲ هزار بوته آمارانت و در تیمار کشت مخلوط ۲۵٪ سورگوم + ۷۵٪ آمارانت ۵۲ هزار بوته سورگوم + ۱۵۶ هزار بوته آمارانت در هر هکتار کشت شد. در کشت خالص سورگوم و کشت خالص آمارانت نیز تراکم ۲۰۸ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد. تاریخ‌های کشت در سال اول و دوم به‌ترتیب دوم و چهارم خردادماه بود. بذور سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*) رقم اسپیدفید و آمارانت علوفه‌ای علوفه‌ای (*Amaranthus hypochondriacus*) رقم لوورا از بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای (مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) تهیه شد. زمین‌های مورد استفاده در سال قبل از اجرای آزمایش تحت آیش بودند. با توجه به نیاز هر دو گیاه به بستر نرم، کاشت به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد و پس از کاشت آبیاری صورت گرفت. تفاوت بین نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به‌عنوان رطوبت قابل‌استفاده خاک در نظر گرفته شد.

از زمان کاشت بذور تا مرحله سبز شدن آن‌ها، عملیات آبیاری هر سه روز یک بار انجام شد. سپس به منظور استقرار مناسب بوته‌ها (تا مرحله ۶-۴ برگی)، از روش آبیاری جویچه‌ای معمول (آبیاری تمام خطوط) با دور هفت روزه استفاده شد. روش‌های آبیاری یک‌درمیان ثابت و متغیر پس از استقرار مناسب بوته‌ها، اعمال شدند. با توجه به حساسیت تاج‌خروس به دورهای آبیاری بیشتر از هفت روز و لزوم یکنواختی دور آبیاری در تمام الگوهای کشت موردبررسی، پس از مرحله سبز شدن بذور تا زمان برداشت علوفه، دور آبیاری در تمام تیمارهای آزمایشی، هفت روز یک بار در نظر گرفته شد (Ahrar *et al*., 2020).

قبل از هر آبیاری، محتوی حجمی رطوبت خاک ($\theta_i$) با استفاده از دستگاه TDR تعیین گردید. مقدار آب آبیاری لازم برای بازگرداندن رطوبت خاک به نقطه ظرفیت زراعی ($\theta_{FC}$) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Afshar *et al*., 2014):

رابطه ۱: $$V_w = (\theta_{FC} - \theta_i) \times D \times A$$

که در آن $V_w$ حجم آب مصرفی در هر دور آبیاری (بر حسب مترمکعب)، D عمق مؤثر عمودی ریشه (بر حسب متر) و A مساحت کرت (بر حسب مترمربع) است. برای جلوگیری از ایجاد رواناب پس از آبیاری، هر دو انتهای کرت‌ها توسط خاک مسدود شد. به‌منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور، فاصله سه متری بین کرت‌های اصلی و همچنین

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

فاصله چهار متری بین بلوک‌ها در نظر گرفته شد. آب آبیاری به‌وسیله لوله‌های پلی‌اتیلن دو اینچی به ابتدای جویچه‌ها هدایت شد و روی لوله‌ها در محدوده هر کرت ۶ عدد شیر آب برای ورود آب به خطوط هر کرت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر تعبیه گردید. کنترل مقدار آب آبیاری مصرفی در هر کرت توسط شیرهای قطع و وصل و کنتور حجمی انجام شد.

برداشت علوفه از کرت‌های آزمایشی با ظهور اولین گل‌آذین‌های سورگوم که مصادف با مرحله گلدهی بوته‌های آمارانت علوفه‌ای نیز بود، انجام شد (بهترین زمان برای برداشت هم‌زمان علوفه سورگوم و آمارانت علوفه‌ای). جهت تعیین عملکرد علوفه، از چهار ردیف وسط هر کرت، بوته‌ها برداشت و بعد از توزین، عملکرد علوفه سورگوم و آمارانت علوفه‌ای به تفکیک محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین خام، نمونه‌ها در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و سپس آسیاب و با الک یک میلی‌متری غربال شدند. سپس محتوی نیتروژن کل علوفه بر اساس روش کجلدال اندازه‌گیری شد. برای تعیین محتوی پروتئین خام، محتوی نیتروژن کل علوفه در عدد ۶/۲۵ ضرب شد. کارایی مصرف نیتروژن با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (Lithourgidis *et al*., 2011):

رابطه ۲: $$NU_tE = DM / N$$

که در آن $NU_tE$ کارایی مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن، DM عملکرد ماده خشک در زمان برداشت (بر حسب کیلوگرم در هکتار) و N کل نیتروژن جذب‌شده (بر حسب کیلوگرم در هکتار) است. کل نیتروژن جذب‌شده در هر هکتار با ضرب درصد نیتروژن علوفه در عملکرد ماده خشک محاسبه شد (Lithourgidis *et al*., 2011). در پایان با توجه نتایج آزمون بارتلت و همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال، داده‌ها مورد تجزیه آماری مرکب قرار گرفتند. سال به عنوان اثر تصادفی در نظر گرفته شد و با توجه به غیرمعنی‌دار شدن اثر سال×تیمار، میانگین دوساله صفات گزارش گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### عملکرد علوفه

اثر روش آبیاری، نظام کشت و برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت بر عملکرد علوفه سورگوم، آمارانت علوفه‌ای و مجموع آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. علاوه بر این اثر سال بر عملکرد علوفه سورگوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در مقایسه بین دو سال آزمایش، بالاترین عملکرد علوفه سورگوم (۳۶/۴۸ تن در هکتار) در سال زراعی ۱۳۹۷ به دست آمد که حدود ۱۱ درصد بیشتر از سال دوم بود (جدول ۴). عملکرد بالاتر سورگوم در سال

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

اول احتمالاً با بالاتر بودن دمای هوا در سال ۱۳۹۷ مرتبط باشد که شرایط مناسب‌تری را برای فعالیت سیستم فتوسنتزی سورگوم فراهم کرده است (جدول ۱). در بین روش‌های مختلف آبیاری بیشترین عملکرد علوفه سورگوم، آمارانت علوفه‌ای و مجموع (به‌ترتیب ۴۰/۵۱، ۲۴/۹۴ و ۶۵/۴۵ تن در هکتار) با روش آبیاری مرسوم و کمترین آن (به‌ترتیب ۲۹/۲۵، ۹/۸۷ و ۳۹/۱۳ تن در هکتار) با آبیاری یک‌درمیان ثابت حاصل شد. میزان کاهش عملکرد علوفه سورگوم، آمارانت علوفه‌ای و مجموع در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب به‌ترتیب حدود ۱۶، ۴۰ و ۲۵ درصد و در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت به‌ترتیب حدود ۲۸، ۶۰ و ۴۰ درصد بود (جدول ۴). کاهش عملکرد علوفه در شرایط آبیاری یک‌درمیان و کم‌آبیاری توسط محققین دیگر نیز گزارش‌شده است (Golzardi *et al*., 2017; Jahanzad *et al*., 2013; Vasilakoglou *et al*., 2011). در بین نظام‌های کشت بالاترین عملکرد علوفه سورگوم و آمارانت علوفه‌ای (به‌ترتیب ۵۷/۵۳ و ۳۹/۰۸ تن در هکتار) در کشت خالص این گیاهان و بالاترین عملکرد علوفه کل (به‌ترتیب ۵۸/۸۱، ۵۷/۵۳ و ۵۵/۹۶ تن در هکتار) با کشت مخلوط ۷۵٪ سورگوم + ۲۵٪ آمارانت علوفه‌ای، کشت خالص سورگوم و کشت مخلوط ۵۰٪ سورگوم+ ۵۰٪ آمارانت علوفه‌ای حاصل شد (جدول ۴). در نظام‌های کشت مخلوط، میزان اُفت عملکرد سورگوم نسبت به آمارانت علوفه‌ای خیلی کمتر بود که نشان‌دهنده اثرپذیری کمتر سورگوم در رقابت بین‌گونه‌ای با آمارانت علوفه‌ای است که با توجه به ارتفاع بوته، آرایش کانوپی و سیستم ریشه‌ای آن منطقی به نظر می‌رسد، درحالی‌که عملکرد آمارانت علوفه‌ای تحت اثر رقابت با سورگوم، افت بیشتری داشته است. کاهش عملکرد هر یک از گیاهان در تیمارهای کشت مخلوط لگوم با غله نسبت به کشت خالص آن‌ها توسط محققان دیگر نیز گزارش‌شده است (Vlachostergios *et al*., 2018; Bedoussac and Justes, 2010). در آزمایش Moshaver و همکاران (۲۰۱۵) آمارانت علوفه‌ای در مقایسه با سورگوم و ذرت به کاهش فضای تغذیه‌ای (افزایش تراکم) واکنش بیشتری نشان داد و تولید آن در تراکم بالا کاهش یافت. در آزمایش حاضر نیز آمارانت علوفه‌ای احتمالاً به دلیل توان رقابتی کمتر با سورگوم در شرایط محدودیت منابع آب و عناصر غذایی، کاهش عملکرد بیشتری در مقایسه با سورگوم نشان داد، زیرا سورگوم توان تولید پنجه بالاتر و در نتیجه توان رقابتی بیشتری داشته است (گل‌زردی و همکاران، ۱۳۹۸). در مطالعه‌ای مشابه Lithourgidis و همکاران (۲۰۱۱) کاهش سهم نخود در تولید علوفه در کشت مخلوط با غلات را به علت توان پنجه‌زنی و رقابت بالاتر غلات نسبت دادند. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت نشان داد که حداکثر عملکرد علوفه سورگوم و آمارانت علوفه‌ای (۶۶/۴۳ و ۵۳/۸۷ تن در هکتار) با روش آبیاری مرسوم و در کشت خالص آن‌ها حاصل شد. حداکثر عملکرد کل علوفه (۷۷/۳۶ تن در هکتار) با روش آبیاری مرسوم و کشت مخلوط ۵۰٪ سورگوم + ۵۰٪ آمارانت علوفه‌ای به دست آمد، درحالی‌که حداقل میزان آن (به‌ترتیب ۲۸/۹۵ و ۲۶/۰۰ تن در هکتار) در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت و با کشت مخلوط ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای و کشت خالص

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

آمارانت علوفه‌ای حاصل گردید. در روش‌های آبیاری یک‌درمیان (ثابت و متناوب) بیشترین عملکرد کل علوفه در تک‌کشتی سورگوم و پس از آن در کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای حاصل گردید، درحالی‌که در روش آبیاری مرسوم میزان علوفه تولیدی در تیمار کشت خالص سورگوم به‌طور معنی‌داری کمتر از کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای و کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد بیشترین سودمندی نظام‌های کشت مخلوط در روش آبیاری مرسوم وجود دارد و تحت شرایط کم‌آبیاری، کشت خالص سورگوم در تولید علوفه موفق‌تر بوده است. تحقیقات نشان داده که اعمال آبیاری مدیریت‌شده گیاه را برای مدتی در تنش خشکی ملایمی قرار می‌دهد و وقتی یک‌بار آبیاری کامل انجام می‌شود، رشد و نمو گیاه از سر گرفته می‌شود و گیاه به‌سرعت از نظر رشد و نمو به تیمار آبیاری کامل نزدیک می‌شود (Chai *et al*., 2016). چنین اتفاقی در این آزمایش در تیمار آبیاری یک‌درمیان متناوب اتفاق افتاد. وقتی محتوی 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 (Golzardi *et al*., 2012). همچنین کاهش تعرق به دلیل کاهش رطوبت خاک، سبب کاهش انتقال عناصر غذایی از خاک به ریشه و از ریشه به اندام هوایی می‌شود. از سوی دیگر کاهش رشد گیاهان زراعی در شرایط تنش خشکی به‌واسطه محدود شدن فتوسنتز می‌باشد. بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش، تأمین دی‌اکسید کربن را برای سیستم فتوسنتزی مشکل ساخته، فتوسنتز و رشد سلول به‌عنوان اولین فرآیندها تحت تأثیر خشکی کاهش می‌یابند (کریم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵). در شرایط تنش ملایم هدایت روزنه‌ای به مقدار اندکی کاهش‌یافته و موجب کاهش غلظت دی‌اکسید کربن و محدودیت فتوسنتز می‌گردد، اما با پیشرفت تنش خشکی، کاهش فتوسنتزی به دلیل عوامل غیرروزنه‌ای می‌باشد (Chaves *et al*., 2009). علاوه بر آن به گزارش Glaze-Corcoran و همکاران (۲۰۲۰) در کشت مخلوط این امکان وجود دارد که ریشه‌های دو گیاه هم‌زمان به عناصر غذایی موجود در خاک رسیده و رقابت بین آن‌ها آغاز شود. رقابت بر سر عناصر غذایی و آب تغییراتی را در ساختار ریشه ایجاد می‌کند و اگر گیاه بیش‌ازحد کربن را به ریشه‌ها اختصاص دهد، با احتمال تولید بیوماس بخش هوایی، عملکرد کاهش می‌یابد (Glaze-Corcoran *et al*., 2020). البته برعکس این موضوع نیز به معنی وجود عامل رقابتی دو گیاه بوده که سبب تولید سیستم ریشه‌ای قوی‌تر و افزایش جذب منابع و در نتیجه کارایی جذب بیشتر استفاده از فضای خاک شود (Liu *et al*., 2015).

**عملکرد پروتئین**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر روش آبیاری، نظام کشت و برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت بر عملکرد پروتئین سورگوم، آمارانت علوفه‌ای و مجموع آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثر سال

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

بر عملکرد پروتئین سورگوم در سطح احتمال یک درصد و بر عملکرد پروتئین کل نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در مقایسه بین دو سال آزمایش، بیشترین عملکرد پروتئین سورگوم و عملکرد پروتئین کل (به‌ترتیب ۷۰۵ و ۱۱۰۹ کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی ۱۳۹۷ به دست آمد که به‌ترتیب حدود ۱۶ و ۱۵ درصد بیشتر از سال ۱۳۹۸ بود. در روش آبیاری مرسوم عملکرد پروتئین نیز بالاتر از روش‌های یک‌درمیان ثابت و متناوب بود، به‌طوری‌که در تیمار آبیاری یک‌درمیان ثابت، کمترین میزان عملکرد پروتئین به دست آمد. میزان کاهش عملکرد پروتئین آمارانت علوفه‌ای و عملکرد پروتئین کل در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب به‌ترتیب حدود ۳۰ و ۱۴ درصد و در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت به‌ترتیب ۵۳ و ۳۰ درصد بود. بیشترین عملکرد پروتئین سورگوم و آمارانت علوفه‌ای در تک‌کشتی آن‌ها حاصل شد، ولی در مورد عملکرد پروتئین کل، بالاترین میزان در تیمارهای کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای و ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای به دست آمد (جدول ۴). عاشوری و همکاران (۱۳۹۹) نیز گزارش کردند که عملکرد پروتئین به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نظام‌های کشت مخلوط قرار گرفت و حداکثر عملکرد پروتئین در تیمار کشت مخلوط ۱۰۰٪شبدر+۱۰۰٪سورگوم حاصل شد که نسبت به کشت خالص سورگوم ۶۲/۸ درصد برتری داشت. ایشان همچنین بیان داشتند که تیمار کشت خالص شبدر با وجود داشتن درصد پروتئین بالا، کمترین عملکرد پروتئین خام را تولید کرد. Sadeghpour و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که بیشترین عملکرد پروتئین خام در تیمار کشت مخلوط ۵۰٪یونجه یکساله+۵۰٪جو و کمترین میزان آن در تیمار کشت خالص یونجه یکساله حاصل شد. نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت نشان داد که در روش آبیاری مرسوم، بیشترین عملکرد پروتئین کل در کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای به دست آمد درحالی‌که کمترین عملکرد پروتئین کل در تیمارهای کشت خالص سورگوم و کشت درهم مشاهده شد. در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت بیشترین عملکرد پروتئین از کشت خالص سورگوم و کمترین عملکرد پروتئین به‌طور مشترک از تیمارهای کشت خالص آمارانت علوفه‌ای و کشت مخلوط ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای به دست آمد . در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت، عملکرد پروتئین در مقایسه با آبیاری نرمال به‌طور متوسط ۳۰ درصد کاهش یافت؛ که علت آن کاهش عملکرد علوفه در اثر تنش خشکی واردشده به گیاه در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت است. بیشترین و کمترین درصد کاهش عملکرد پروتئین در آبیاری یک‌درمیان ثابت به‌ترتیب در کشت مخلوط ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای و کشت خالص سورگوم مشاهده شد. از نظر عملکرد پروتئین به‌جز تیمار کشت خالص آمارانت علوفه‌ای و کشت مخلوط ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای که عملکرد پروتئین کمی داشتند، سایر تیمارها از عملکرد پروتئین بالایی برخوردار بودند (جدول ۵). اعمال روش آبیاری یک‌درمیان متناوب، میانگین عملکرد پروتئین را نسبت به آبیاری نرمال، حدود ۱۴ درصد کاهش داد. در مطالعه‌ای Jahanzad و همکاران (۲۰۱۳) گزارش

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، محتوی پروتئین خام علوفه افزایش و عملکرد پروتئین کاهش یافت. ایشان دلیل این تغییرات را به افزایش تجمع نیتروژن و کاهش تولید ماده خشک مرتبط دانستند. اگرچه درصد پروتئین آمارانت علوفه‌ای بالاتر از سورگوم بود، اما پایین بودن عملکرد علوفه آمارانت علوفه‌ای سبب شد تا عملکرد پروتئین در کشت خالص آمارانت علوفه‌ای مطلوب نباشد. کشت مخلوط این دو گیاه با منابع آب محدود، علاوه بر بهبود کمیت تولید علوفه در یک دوره زمانی کوتاه، کیفیت علوفه را نیز بهبود بخشید. اسکندری و همکاران (۱۳۹۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

**میزان جذب نیتروژن**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر روش آبیاری، نظام کشت و برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت بر میزان جذب نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر سال بر آن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). در مقایسه بین دو سال آزمایش، بیشترین جذب نیتروژن (۱۷۷/۵۲ کیلوگرم در هکتار) در سال زراعی ۱۳۹۷ به دست آمد که حدود ۱۴/۹۴ درصد بیشتر از سال ۱۳۹۸ بود. مقایسه میانگین اثر روش آبیاری نشان داد که در روش آبیاری مرسوم جذب نیتروژن بالاتر از روش‌های آبیاری یک‌درمیان ثابت و متناوب بود. میزان کاهش جذب نیتروژن در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب ۱۴/۲۷ درصد و در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت ۳۰/۰۵ درصد بود. مقایسه اثر نظام‌های کشت نشان داد که بالاترین میزان جذب نیتروژن در نظام‌های کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای و ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای حاصل شد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت به روش برش‌دهی نشان داد که بیشترین میزان جذب نیتروژن در روش آبیاری مرسوم (۲۳۱/۳۵ کیلوگرم در هکتار) با کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای حاصل شد و در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب بیشترین جذب نیتروژن در نظام‌هایی به دست آمد که در آن‌ها سورگوم تراکم بالاتری داشت. در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت نیز بیشترین جذب نیتروژن در کشت خالص سورگوم به دست آمد (جدول ۸). خاکی نجف‌آبادی و همکاران (۱۳۹۶) علت اختلاف جذب نیتروژن در نظام‌های کشت مخلوط ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به کشت خالص ارزن را به اشغال آشیانه‌ای اکولوژیک متفاوت توسط دو گونه و بالاتر بودن حد تراکم مطلوب و در نتیجه کاهش رقابت بین‌گونه‌ای و همچنین بهره‌گیری از اثرهای مثبت هم‌جواری ارزن و لوبیا چشم‌بلبلی در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و استفاده بهینه از منابع رشد مرتبط دانستند. Lithourgidis و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی کشت مخلوط نخود با گندم، چاودار و تریتیکاله گزارش کردند که بیشترین میزان جذب نیتروژن (۳۰۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت مخلوط ۸۰٪ نخود + ۲۰٪ تریتیکاله و حداقل جذب نیتروژن (۲۰۴ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص گندم مشاهده شد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

**جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه و عملکرد پروتئین در واکنش به روش‌های آبیاری و نظام‌های کشت**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد علوفه | | | عملکرد پروتئین | | |
| | | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | مجموع | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | مجموع |
| سال | ۱ | ۳۵۸/۴۰$^{**}$ | ۵۹/۵۷$^{ns}$ | ۷۱۰/۲۰$^{ns}$ | ۲۵۱۹۳۱/۸۳$^{**}$ | ۶۱۲۲۸/۳۶$^{ns}$ | ۵۶۰۸۸۰/۴۵$^{*}$ |
| بلوک (سال) | ۴ | ۱۵/۵۴ | ۴۲/۲۶ | ۱۰۱/۷۸ | ۵۶۴۱/۶۰ | ۱۹۹۶۱/۴۴ | ۴۳۰۲۴/۹۸ |
| روش آبیاری | ۲ | ۱۱۴۵/۴۲$^{**}$ | ۲۱۰۸/۳۷$^{**}$ | ۶۳۴۳/۴۵$^{**}$ | ۷۹۳۹۳/۲۸$^{ns}$ | ۷۰۵۸۸۶/۸۰$^{**}$ | ۱۲۰۵۸۸۶/۵۷$^{**}$ |
| سال×روش آبیاری | ۲ | ۱۱/۰۱$^{ns}$ | ۰/۴۳$^{ns}$ | ۷/۶۲$^{ns}$ | ۶۷۶۵/۴۰$^{ns}$ | ۶۱۵/۳۰$^{ns}$ | ۴۲۰۰/۹۵$^{ns}$ |
| خطای اصلی | ۸ | ۱۰/۸۴ | ۸/۳۹ | ۱۴/۳۶ | ۴۳۸۰/۹۰ | ۴۰۵۱/۷۸ | ۶۸۶۷/۷۸ |
| نظام کشت | ۵ | ۸۴۷۴/۷۷$^{**}$ | ۳۶۳۵/۰۶$^{**}$ | ۱۱۵۳/۲۵$^{**}$ | ۳۰۳۶۹۲۳/۸۳$^{**}$ | ۱۹۲۸۵۵۶/۱۱$^{**}$ | ۱۸۲۳۰۳/۳۶$^{**}$ |
| سال×نظام کشت | ۵ | ۱۵/۹۹$^{ns}$ | ۶/۶۲$^{ns}$ | ۱۲/۵۳$^{ns}$ | ۱۱۰۹۶/۳۱$^{**}$ | ۶۸۶۶/۶۰$^{ns}$ | ۶۳۵۸/۷۸$^{ns}$ |
| روش آبیاری×نظام کشت | ۱۰ | ۷۵/۷۵$^{**}$ | ۱۹۵/۲۶$^{**}$ | ۱۲۸/۰۹$^{**}$ | ۸۵۹۵/۹۶$^{**}$ | ۶۴۸۵۷/۴۱$^{**}$ | ۶۹۷۵۷/۱۴$^{**}$ |
| سال×روش آبیاری×نظام کشت | ۱۰ | ۱/۲۳$^{ns}$ | ۳/۷۳$^{ns}$ | ۵/۳۳$^{ns}$ | ۷۳۰/۵۶$^{ns}$ | ۲۳۸۰/۷۵$^{ns}$ | ۳۴۰۸/۸۸$^{ns}$ |
| خطای آزمایشی | ۶۰ | ۲۹/۳۵ | ۸/۵۶ | ۴۲/۰۲ | ۱۰۴۸۰/۸۴ | ۴۲۵۶/۱۲ | ۱۶۱۹۰/۱۵ |
| ضریب تغییرات | - | ۱۵/۶۳ | ۱۷/۶۰ | ۱۲/۶۴ | ۱۵/۵۹ | ۱۷/۱۲ | ۱۲/۲۶ |

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار.

**جدول ۴: نتایج مقایسه میانگین اثر سال، روش آبیاری و نظام کشت بر عملکرد علوفه و عملکرد پروتئین**

| تیمار | عملکرد علوفه | | | عملکرد پروتئین | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | مجموع | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | مجموع |
| سال | (تن در هکتار) | | | (کیلوگرم در هکتار) | | |
| **۱۳۹۷** | ۳۶/۴۸ a | ۱۷/۳۷ a | ۵۳/۸۴ a | ۷۰۵ a | ۴۰۵ a | ۱۱۰۹ a |
| **۱۳۹۸** | ۳۲/۸۳ b | ۱۵/۸۸ a | ۴۸/۷۱ a | ۶۰۸ b | ۳۵۷ a | ۹۶۵ b |
| روش آبیاری | | | | | | |
| مرسوم (شاهد) | ۴۰/۵۱ a | ۲۴/۹۴ a | ۶۵/۴۵ a | ۶۹۰ a | ۵۲۸ a | ۱۲۱۷ a |
| یک‌درمیان ثابت | ۲۹/۲۵ c | ۹/۸۷ c | ۳۹/۱۳ c | ۶۰۳ b | ۲۴۹ c | ۸۵۱ c |
| یک‌درمیان متناوب | ۳۴/۲۰ b | ۱۵/۰۵ b | ۴۹/۲۶ b | ۶۷۷ ab | ۳۶۷ b | ۱۰۴۴ b |
| نظام کشت | | | | | | |
| **۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۵۰/۲۶ b | ۸/۵۶ d | ۵۸/۸۱ a | ۹۵۰ b | ۱۹۳ d | ۱۱۴۳ a |
| **۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای** | ۳۸/۳۳ d | ۱۷/۶۳ c | ۵۵/۹۶ a | ۷۲۶ d | ۴۰۱ c | ۱۱۲۷ a |
| **۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۱۷/۷۷ e | ۲۶/۲۴ b | ۴۴/۰۱ c | ۳۳۷ e | ۶۰۰ b | ۹۳۷ c |
| کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای | ۴۴/۰۴ c | ۸/۲۲ d | ۵۲/۲۷ b | ۸۳۸ c | ۱۹۰ d | ۱۰۲۸ b |
| تک‌کشتی سورگوم | ۵۷/۵۳ a | - | ۵۷/۵۳ a | ۱۰۸۸ a | - | ۱۰۸۸ ab |
| تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای | - | ۳۹/۰۸ a | ۳۹/۰۸ d | - | ۹۰۱ a | ۹۰۱ c |

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 2026-04-25 ]

**جدول ۵: نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری و نظام کشت بر عملکرد علوفه و عملکرد پروتئین**

| تیمار | | عملکرد علوفه | | | عملکرد پروتئین | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| روش آبیاری | نظام کشت | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | مجموع | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | مجموع |
| | | (تن در هکتار) | | | (کیلوگرم در هکتار) | | |
| مرسوم (شاهد) | ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای | ۵۹/۰۵ b | ۱۴/۴۶ d | ۷۳/۵۱ b | ۹۹۹ b | ۳۰۴ d | ۱۳۰۲ b |
| | ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای | ۴۷/۷۱ c | ۲۹/۶۵ c | ۷۷/۳۶ a | ۸۱۸ c | ۶۲۸ c | ۱۴۴۶ a |
| | ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای | ۲۱/۵۰ d | ۴۰/۱۳ b | ۶۱/۶۳ d | ۳۶۷ d | ۸۴۸ b | ۱۲۱۵ c |
| | کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای | ۴۸/۳۵ c | ۱۱/۵۲ d | ۵۹/۸۷ d | ۸۲۶ c | ۲۴۵ d | ۱۰۷۱ d |
| | تک‌کشتی سورگوم | ۶۶/۴۳ a | - | ۶۶/۴۴ c | ۱۱۲۹ a | - | ۱۱۳۰ d |
| | تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای | - | ۵۳/۸۷ a | ۵۳/۸۷ e | - | ۱۱۴۰ a | ۱۱۴۰ cd |
| یک‌درمیان ثابت | ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای | ۴۲/۶۲ b | ۴/۱۱ d | ۴۶/۷۴ ab | ۸۷۷ b | ۱۰۳ d | ۹۸۱ ab |
| | ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای | ۳۰/۴۰ c | ۹/۰۷ c | ۳۹/۴۷ c | ۶۳۳ c | ۲۳۰ c | ۸۶۳ c |
| | ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای | ۱۴/۱۳ d | ۱۴/۸۲ b | ۲۸/۹۵ d | ۲۹۲ d | ۳۷۲ b | ۶۶۴ d |
| | کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای | ۳۸/۹۸ b | ۵/۲۵ d | ۴۴/۲۳ b | ۸۰۱ b | ۱۳۲ d | ۹۳۳ bc |
| | تک‌کشتی سورگوم | ۴۹/۳۹ a | - | ۴۹/۳۹ a | ۱۰۱۴ a | - | ۱۰۱۴ a |
| | تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای | - | ۲۶/۰۰ a | ۲۶/۰۰ d | - | ۶۵۴ a | ۶۵۴ d |
| یک‌درمیان متناوب | ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای | ۴۹/۱۰ b | ۷/۰۹ d | ۵۶/۱۹ ab | ۹۷۳ b | ۱۷۳ d | ۱۱۴۵ a |
| | ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای | ۳۶/۸۸ d | ۱۴/۱۹ c | ۵۱/۰۶ b | ۷۲۹ c | ۳۴۴ c | ۱۰۷۴ a |
| | ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای | ۱۷/۶۹ e | ۲۳/۷۷ b | ۴۱/۴۶ c | ۳۵۲ d | ۵۸۱ b | ۹۳۲ b |
| | کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای | ۴۴/۷۹ c | ۷/۹۰ d | ۵۲/۶۹ ab | ۸۸۷ b | ۱۹۲ d | ۱۰۸۰ a |
| | تک‌کشتی سورگوم | ۵۶/۷۵ a | - | ۵۶/۷۶ a | ۱۱۲۱ a | - | ۱۱۲۲ a |
| | تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای | - | ۳۷/۳۷ a | ۳۷/۳۷ c | - | ۹۰۹ a | ۹۰۹ b |

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

### محتوی پروتئین

اثر سال بر محتوی پروتئین سورگوم و اثر روش آبیاری بر محتوی پروتئین سورگوم و آمارانت علوفه‌ای در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). در مقایسه بین دو سال آزمایش، بالاترین محتوی پروتئین سورگوم (۷۳ گرم در کیلوگرم) در سال زراعی ۱۳۹۷ به‌دست آمد که حدود ۱/۹ درصد بیشتر از سال دوم بود. در بین روش‌های آبیاری بیشترین محتوی پروتئین سورگوم و آمارانت علوفه‌ای (به‌ترتیب ۷۵ و ۱۰۹ گرم در کیلوگرم) با روش آبیاری یک‌درمیان ثابت و کمترین آن (به‌ترتیب ۶۷ و ۹۸ گرم در کیلوگرم) با آبیاری مرسوم حاصل شد. میزان کاهش محتوی پروتئین سورگوم و

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

آمارانت علوفه‌ای در روش آبیاری مرسوم به‌ترتیب حدود ۱۱/۴۷ و ۱۰/۲۹ درصد و در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب به‌ترتیب حدود ۱/۸۳ و ۸/۰۶ درصد بود. در بین نظام‌های کشت اختلاف معنی‌داری بین محتوی پروتئین سورگوم و آمارانت علوفه‌ای مشاهده نشد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت به روش برش‌دهی نشان داد که در هر روش آبیاری، اختلاف معنی‌داری بین محتوی پروتئین سورگوم و آمارانت علوفه‌ای وجود نداشت (جدول ۸). عاشوری و همکاران (۱۳۹۹) نیز در بررسی سری‌های افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط شبدر و سورگوم برای تولید علوفه گزارش کردند که نظام‌های کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر محتوی پروتئین شبدر و سورگوم نداشتند، ولی عملکرد پروتئین به طور معنی‌داری تحت تأثیر نظام‌های کشت مخلوط قرار گرفت. Bakhtiyari و همکاران (۲۰۲۰) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

**کارایی مصرف نیتروژن**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر روش آبیاری، نظام کشت و برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت بر کارایی مصرف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر سال بر این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). در مقایسه بین دو سال آزمایش، بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (۶۴/۲۲ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده) در سال زراعی ۱۳۹۷ به دست آمد که حدود ۱/۱۸ درصد بیشتر از سال ۱۳۹۸ بود. مقایسه میانگین اثر روش آبیاری نشان داد که در روش آبیاری مرسوم کارایی مصرف نیتروژن بالاتر از روش‌های یک‌درمیان ثابت و متناوب بود. میزان کاهش کارایی مصرف نیتروژن در روش آبیاری یک‌درمیان متناوب ۷/۵ درصد و در روش آبیاری یک‌درمیان ثابت ۸/۳ درصد بود. مقایسه اثر نظام‌های کشت نشان داد که بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در تک‌کشتی سورگوم و در تیمارهای کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای و کشت درهم حاصل شد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش روش آبیاری × نظام کشت به روش برش‌دهی نشان داد که در تمام روش‌های آبیاری بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در کشت خالص سورگوم (به‌ترتیب ۷۸/۳۴، ۷۰/۵۲ و ۶۹/۴۳ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن) و در نظام‌های کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای (به‌ترتیب ۷۲/۸۱، ۶۷/۱۹ و ۶۶/۹۳ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن) و کشت درهم (به‌ترتیب ۷۲/۲۳، ۶۶/۷۷ و ۶۶/۳۱ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن) به دست آمد، درحالی‌که کمترین کارایی مصرف نیتروژن در هر سه روش آبیاری، در تیمار کشت خالص آمارانت علوفه‌ای و کشت مخلوط ۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای مشاهده شد (جدول ۸). گیاهان خانواده غلات نسبت به سایر گیاهان به ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده، زیست‌توده بالاتری تولید می‌کنند، بنابراین برای تولید هر واحد ماده خشک، به مقدار کمتری نیتروژن نیاز دارند (Fageria and Baligar, 2005). در این آزمایش نیز سورگوم کارایی مصرف نیتروژن بالاتری نسبت به

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

آمارانت علوفه‌ای داشت و حداکثر کارایی مصرف نیتروژن در کشت خالص سورگوم و نظام‌های کشت مخلوط با نسبت بالاتر سورگوم ثبت گردید. تحقیقات نشان داده است که گیاهانی که غلظت و درصد نیتروژن بیشتری در بافت‌های خود دارند مثل حبوبات معمولاً زیست‌توده کمتری تولید می‌کنند و در نتیجه کارایی مصرف نیتروژن پایین‌تری دارند (Bedoussac and Justes, 2010). در مطالعه‌ای که روی کشت مخلوط نخود با گندم، چاودار و تریتیکاله انجام شد مشاهده گردید که حداکثر کارایی مصرف نیتروژن (۵۷ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن) در کشت خالص گندم و حداقل کارایی آن (۴۵ کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن) در تیمارهای کشت خالص نخود و کشت مخلوط ۸۰٪ نخود + ۲۰٪ تریتیکاله مشاهده شد (Lithourgidis *et al*., 2011).

افزایش محتوی پروتئین در شرایط تنش خشکی (به علت افزایش تجمع نیتروژن در بافت‌های گیاهی) توسط محققین دیگری نیز گزارش‌شده است (Jahanzad *et al*., 2013; Vasilakoglou *et al*., 2011)؛ احتمال دارد به هنگام بروز تنش خشکی، شدت تنفس افزایش یافته و جذب مواد تقلیل و در نتیجه هیدرات‌های کربن ذخیره‌شده کاهش و محتوی پروتئین افزایش یابد. همچنین گزارش شده است که افزایش محتوی پروتئین در بافت‌های گیاهی به عنوان راهکاری در جهت کمک به تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی روی می‌دهد (Golzardi *et al*., 2012).

**جدول ۶: نتایج تجزیه واریانس مرکب محتوی پروتئین علوفه، میزان جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن در واکنش به روش‌های آبیاری و نظام‌های کشت**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | محتوی پروتئین | | جذب نیتروژن | کارایی مصرف نیتروژن |
| | | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | | |
| سال | ۱ | ۴۷/۷۳$^{*}$ | ۱۲/۵۳$^{ns}$ | ۱۴۳۷۰/۵۳$^{*}$ | ۱۵/۴۷$^{*}$ |
| بلوک (سال) | ۴ | ۲/۸۳ | ۲/۹۲ | ۱۱۰۴/۰۳ | ۱/۶۰ |
| روش آبیاری | ۲ | ۷۷۳/۹۲$^{**}$ | ۱۲۴۹/۴۴$^{**}$ | ۳۰۸۷۲/۰۵$^{**}$ | ۳۴۷/۸۵$^{**}$ |
| سال×روش آبیاری | ۲ | ۳/۳۱$^{ns}$ | ۲/۶۰$^{ns}$ | ۱۰۸/۵۶$^{ns}$ | ۰/۶۹$^{ns}$ |
| خطای اصلی | ۸ | ۱/۱۲ | ۱/۴۲ | ۱۷۶/۰۱ | ۰/۷۳ |
| نظام کشت | ۵ | ۳۶۴/۳۲$^{ns}$ | ۱۰۱۵/۵۵$^{ns}$ | ۴۶۶۴/۲۰$^{**}$ | ۱۲۵۹/۱۴$^{**}$ |
| سال×نظام کشت | ۵ | ۲/۴۳$^{ns}$ | ۱/۱۹$^{ns}$ | ۱۶۲/۴۱$^{ns}$ | ۱/۱۳$^{ns}$ |
| روش آبیاری×نظام کشت | ۱۰ | ۳۱/۶۴$^{ns}$ | ۵۰/۸۶$^{ns}$ | ۱۷۸۷/۵۴$^{**}$ | ۶/۳۷$^{**}$ |
| سال×روش آبیاری×نظام کشت | ۱۰ | ۱/۵۱$^{ns}$ | ۱/۶۰$^{ns}$ | ۸۷/۶۳$^{ns}$ | ۰/۹۶$^{ns}$ |
| خطای آزمایشی | ۶۰ | ۱/۵۷ | ۱/۶۸ | ۴۱۴/۳۳ | ۱/۴۰ |
| ضریب تغییرات | - | ۱/۷۵ | ۱/۲۴ | ۱۲/۲۶ | ۱/۸۵ |

** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد؛ ns: غیر معنی‌دار.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

**جدول ۷: نتایج مقایسه میانگین اثر سال، روش آبیاری و نظام کشت بر محتوی پروتئین علوفه، میزان جذب نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن**

| تیمار | محتوی پروتئین (گرم در کیلوگرم) | | جذب نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن) |
|---|---|---|---|---|
| | سورگوم | آمارانت علوفه‌ای | | |
| **سال** | | | | |
| **۱۳۹۷** | ۷۳a | ۱۰۵a | ۱۷۷/۵۲a | ۶۴/۲۲a |
| **۱۳۹۸** | ۷۱b | ۱۰۴a | ۱۵۴/۴۵b | ۶۳/۴۷b |
| **روش آبیاری** | | | | |
| **مرسوم (شاهد)** | ۶۷b | ۹۸c | ۱۹۴/۷۷a | ۶۷/۴۲a |
| **یک‌درمیان ثابت** | ۷۵a | ۱۰۹a | ۱۳۶/۲۳c | ۶۱/۷۹b |
| **یک‌درمیان متناوب** | ۷۴a | ۱۰۶b | ۱۶۶/۹۷b | ۶۲/۳۳b |
| **نظام کشت** | | | | |
| **۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۶a | ۱۲۵a | ۱۸۲/۸۸a | ۶۸/۹۸b |
| **۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۷a | ۱۲۵a | ۱۸۰/۳۷a | ۶۴/۶۰c |
| **۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۶a | ۱۲۵a | ۱۴۹/۹۵c | ۵۸/۲۹d |
| **کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای** | ۸۶a | ۱۲۵a | ۱۶۴/۴۷b | ۶۸/۴۴b |
| **تک‌کشتی سورگوم** | ۸۶a | - | ۱۷۴/۱۳ab | ۷۲/۷۶a |
| **تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای** | - | ۱۲۵a | ۱۴۴/۱۴c | ۵۰/۰۱e |

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

**جدول ۸: برهم‌کنش روش آبیاری و نظام کشت بر محتوی پروتئین علوفه و کارایی مصرف و جذب نیتروژن**

| روش آبیاری | تیمار: نظام کشت | محتوی پروتئین (گرم در کیلوگرم): سورگوم | محتوی پروتئین (گرم در کیلوگرم): آمارانت علوفه‌ای | جذب نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم نیتروژن) |
|---|---|---|---|---|---|
| مرسوم (شاهد) | **۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۰ a | ۱۱۶ a | ۲۰۸/۴۶b | ۷۲/۸۱ b |
| | **۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۰ a | ۱۱۷ a | ۲۳۱/۳۵a | ۶۷/۱۰ c |
| | **۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۰ a | ۱۱۷ a | ۱۹۴/۴۴c | ۶۰/۷۹ d |
| | **کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای** | ۸۰ a | ۱۱۸ a | ۱۷۱/۲۹d | ۷۲/۲۳ b |
| | **تک‌کشتی سورگوم** | ۸۰ a | - | ۱۸۰/۷۱d | ۷۸/۳۴ a |
| | **تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای** | - | ۱۱۷ a | ۱۸۲/۳۸cd | ۵۳/۲۵ e |
| یک‌درمیان ثابت | **۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۹۰ a | ۱۳۰ a | ۱۵۶/۹۰ab | ۶۶/۹۳ b |
| | **۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای** | ۹۱ a | ۱۳۱ a | ۱۳۸/۰۲c | ۶۲/۹۰ c |
| | **۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۹۰ a | ۱۳۰ a | ۱۰۶/۲۶d | ۵۷/۲۵ d |
| | **کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای** | ۹۰ a | ۱۳۱ a | ۱۴۹/۳۵bc | ۶۶/۳۱ b |
| | **تک‌کشتی سورگوم** | ۹۰ a | - | ۱۶۲/۲۵a | ۶۹/۴۳ a |
| | **تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای** | - | ۱۳۱ a | ۱۰۴/۵۹d | ۴۷/۹۰ e |
| یک‌درمیان متناوب | **۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۹ a | ۱۲۸ a | ۱۸۳/۲۹a | ۶۷/۱۹ b |
| | **۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۸ a | ۱۲۷ a | ۱۷۱/۷۴a | ۶۳/۷۹ c |
| | **۲۵٪سورگوم + ۷۵٪آمارانت علوفه‌ای** | ۸۹ a | ۱۲۸ a | ۱۴۹/۱۴b | ۵۶/۸۳ d |
| | **کشت درهم سورگوم و آمارانت علوفه‌ای** | ۸۹ a | ۱۲۸ a | ۱۷۲/۷۸a | ۶۶/۷۷ b |
| | **تک‌کشتی سورگوم** | ۸۹ a | - | ۱۷۹/۴۲a | ۷۰/۵۲ a |
| | **تک‌کشتی آمارانت علوفه‌ای** | - | ۱۲۹ a | ۱۴۵/۴۴b | ۴۸/۸۸ e |

در هر روش آبیاری و 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 2026-04-25 ]

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که گیاه آمارانت علوفه‌ای باوجود داشتن محتوی بالای پروتئین، از نظر تولید علوفه در واحد سطح به‌خصوص در شرایط آبیاری یک‌درمیان ضعیف بود. کشت خالص سورگوم نیز علی‌رغم داشتن عملکرد علوفه بالا، از نظر محتوی پروتئین علوفه مطلوب نبود. درحالی‌که کشت مخلوط آمارانت علوفه‌ای با سورگوم، به‌خصوص دو نظام کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای و ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای توانست معایب کشت خالص هر یک از این دو گیاه را برطرف کند و ترکیب مناسبی به‌منظور تولید علوفه باشد. از بین روش‌های آبیاری موردمطالعه، تیمار آبیاری یک‌درمیان متناوب علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش عملکرد اندکی نسبت به روش آبیاری مرسوم داشت و می‌توان تیمار آبیاری یک‌درمیان متناوب را در شرایط نیمه‌خشک برای تولید علوفه توصیه نمود. بررسی کشت مخلوط درهم نشان داد آمارانت علوفه‌ای در مقابل سورگوم قدرت رقابت ندارد و سورگوم به دلیل پنجه‌زنی و سطح سایه‌انداز غالبیت بیشتری در مقابل آمارانت علوفه‌ای دارد. به طور کلی در صورت فراهم بودن آب کافی، روش آبیاری مرسوم به همراه نظام کشت مخلوط ۵۰٪سورگوم + ۵۰٪آمارانت علوفه‌ای و در صورت محدودیت منابع آبی، روش آبیاری یک‌درمیان متناوب به همراه نظام کشت مخلوط ۷۵٪سورگوم + ۲۵٪آمارانت علوفه‌ای می‌توانند جایگزین‌های مناسبی برای نظام‌های تک‌کشتی سورگوم و آمارانت علوفه‌ای در مناطق نیمه‌خشک باشند. تنوع بخشیدن به نظام‌های کشاورزی از طریق کشت مخلوط در صورت انتخاب الگوی مناسب، علاوه بر مزایای اقتصادی و اکولوژیکی، می‌تواند عملکرد کمی و کیفی مناسب را حتی در شرایط محدودیت منابع آبی فراهم کند.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در اجرای این پروژه تحقیقاتی با کد مصوب ۹۷۰۰۶۷- ۰۰۸- ۰۳- ۰۳- ۲۴ سپاسگزاری می‌شود.

## منابع

**اسکندری، ح.، عالی‌زاده امرایی، ا.، جوانمرد، ع. ۱۳۹۹.** تأثیر محدودیت آبیاری بر عملکرد و کیفیت علوفه گندم و شبدر ایرانی در کشت مخلوط. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۳ (۲): ۳۸۷-۳۹۹.

**خاکی نجف‌آبادی، ا.، جهان، م.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۵.** اثر ترکیب‌های مختلف کاشت و کود زیستی بر کارآیی مصرف آب و نیتروژن در کشت مخلوط ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) و لوبیاچشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۵: ۷۰۸-۶۹۱.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

**دشتکی، م.، چایی چی، م. ۱۳۹۱.** مطالعه عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و خلر در شرایط کم آبیاری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳: ۳۱۱-۳۲۱.

**ذاکرنژاد، س.، نادری، ا.، هاشمی دزفولی، ا.، لک، ش.، علوی فاضل، م. ۱۳۹۶.** مقایسه روش‌های مختلف آبیاری بر صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام ذرت (*Zea mays* L.) در فصل‌های بهار و تابستان در شرایط آب‌وهوایی اهواز. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۶): ۱۳۷-۱۵۶.

**سنجانی، س.، حسینی، س.م.ب.، چایی‌چی، م.ر. و رضوان بیدختی، ش. ۱۳۹۰.** ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در کشت مخلوط افزایشی سورگوم (Sorghum bicolor L.) و لوبیا چشم بلبلی (Vigna unguiculata L.) در شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری. نشریه علمی بوم شناسی کشاورزی، ۳ (۱): ۳۵-۲۵.

**شبیری، س.س.، حبیبی، د.، کاشانی، ع.، پاک نژاد، ف.، جعفری، ح. و لامعی هروانی، ج. ۱۳۹۰.** ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت خالص و مخلوط ماشک گل خوشه ای و تریتیکاله. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲ (۳): ۲۵۱-۲۳۹.

**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): ۲۳۹-۲۵۱.

**کریم‌زاده، ه.، نظامی، ا.، کافی، م.، تدین، م. ۱۳۹۵.** بررسی تغییرات هدایت روزنه‌ای، دمای سایه‌انداز گیاهی و آب برگ ژنوتیپ های لوبیا چیتی در شرایط کم آبیاری. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸ (۳۰): ۱۰۵-۱۲۰.

**گل‌زردی، ف.، نظری، ش.، رهجو، و. ۱۳۹۸.** زراعت سورگوم، چاپ اول، انتشارات اتکا، ۱۸۴ ص.

**لطفی‌آقا، م.، مرعشی، س. ک.، بابایی نژاد، ت. ۱۳۹۶.** اثر مقادیر پلیمرسوپرجاذب و کم آبیاری بر عملکرد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.). نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۴): ۹۷-۱۰۹.

**ممبینی، ز.، خدارحم پور، ز.، معتمدی، م. ۱۳۹۶.** بررسی اثر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد و خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.). نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹ (۳۳): ۱۱۹-۱۳۵.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

**موسویان، س. ن.، سید محمدی، س. ع. ۱۳۹۴.** اثر نیتروژن و الگوهای کشت بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷ (۲۶): ۱۲۰-۱۰۵.

**Afshar, R. K., Jovini, M. A., Chaichi, M. R. and Hashemi, M. 2014.** Grain sorghum response to arbuscular mycorrhiza and phosphorus fertilizer under deficit irrigation. Agronomy Journal. 4: 1212-1218.

**Ahrar, A., Paknejad, F., Tabatabaei, S.A., Aghayari, F. and Soltani, E. 2020.** Evaluation of forage Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) yield via comparing drought tolerance and susceptibility indices. Italian Journal of Agrometeorology. 3: 31-40.

**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.

**Bedoussac, L. and Justes, E. 2010.** Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat–winter pea intercrop. Plant and Soil. 330: 37-54.

**Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H. L., Waskom, R. M., Niu, Y. and Siddique, K. H. 2016.** Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. Agronomy for sustainable development. 36: 1-3.

**Chaves, M. M., Flexas, J. and Pinheiro, C. 2009.** Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany. 103: 551-560.

**Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syasarand, B. and Ramrodi, M. 2009.** Intercropping maize (Zea mays L.) and cow pea (Vigna unguiculata L.) as a whole-crop forage: effects of planting ratio and harvest time on forage yield and quality. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7(2): 505-509.

**Fageria, N. K. and Baligar, V. C. 2005.** Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. Advances in Agronomy. 88: 97-185.

**Glaze Corcoran, S., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Afshar, R. K., Liu, X. and Herbert, S. J. 2020.** Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. Advances in Agronomy. 162: 199-256.

**Golzardi, F., Vazan, S., Moosavinia, H. and Tohidloo, G. 2012.** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of swallow wort (*Cynanchum acutum* L.). Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. 4(21): 4524-4529.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]

**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.

**Iftikhar, M. and Khan, M. 2019.** Amaranth. In Bioactive Factors and Processing Technology for Cereal Foods. Springer, Singapore. Pp: 217-232.

**Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, 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.

**Lithourgidis, A. S., Vlachostergios, D. N., Dordas, C. A. and Damalas, C. A. 2011.** Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy. 34: 287-294.

**Liu, Y. X., Zhang, W. P., Sun, J. H., Li, X. F., Christie, P. and Li, L. 2015.** High morphological and physiological plasticity of wheat roots is conducive to higher competitive ability of wheat than maize in intercropping systems. Plant and Soil. 397: 387-399.

**Moshaver, E., Imam, Y., Madani, H., NourMohammadi, G. and SharifAbad, H. H. 2015.** Comparison of qualitative and quantitative performance of forage crops maize, sorghum and amaranth as affected by planting density and date in Fars province, Iran. Trends in Life Sciences. 4: 97-105.

**Raseduzzaman, M.D. and Jensen, E.S. 2017.** Does intercropping enhances yield stability in arable crop production? A meta-analysis. European Journal of Agronomy. 91: 25-33.

**Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Lithourgidisb, A.S., Hashemi, M., Esmaeili, A. and Hosseini, M.B. 2014.** Forage yield and quality of barley-annual medic intercropsin semi-arid environments. I International Journal of Plant Production. 8 (1): 77-90.

**Vasilakoglou, I., Dhima, K., Karagiannidis, N. and Gatsis, T. 2011.** Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. Field Crops Research. 120: 38-46.

**Vlachostergios, D. N., Lithourgidis, A. S. and Dordas, C. A. 2018.** Agronomic, forage quality and economic advantages of red pea (*Lathyrus cicera* L.) intercropping with wheat and oat under low-input farming. Grass and Forage Science. 73: 777-788.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25 ]