# بررسی اثر نظام‌های زراعی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor Moench (L)*)

اکبر بهاری[۱]، آیدین خدایی جوقان[۲*]، احمد زارع[۳]، محمد حسین قرینه[۴] و محمد چناری[۵]

۱، ۲، ۳ و ۴) گروه آموزشی مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۵) محقق شرکت کشت و صنعت شهید بهشتی، دزفول، ایران.

نویسنده مسئول*: **a.khodaei@asnrukh.ac.ir**

**تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۱/۲۶** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰**

## چکیده

**به‌منظور مطالعه تاثیر نظام‌های مختلف زراعی بر خصوصیات کمی و کیفی ارقام سورگوم، این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال زراعی ۱۴۰۲ -۱۴۰۱ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل چهار نظام‌زراعی (پرنهاده (رایج)، متوسط نهاده، کم‌نهاده و اکولوژیک) در کرت‌های اصلی و چهار رقم سورگوم علوفه‌ای (منصور، اسپیدفید، پگاه و پژیال) و دو سطح قارچ مایکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح) در کرت‌های فرعی بود. نتایج نشان داد که در نظام زراعی پرنهاده همراه با تلقیح، رقم پژیال بالاترین شاخص سطح برگ (۸) را نشان داد. همچنین نتایج نشان داد، که بیشترین وزن علوفه تازه از نظام زراعی پرنهاده و بدون تلقیح به دست آمد و عملکرد علوفه تازه در ارقام منصور و اسپیدفید ۴۴ و ۴۷ درصد و در ارقام پگاه و پژیال ۴۵ و ۳۸ درصد نسبت به نظام زراعی کم نهاده افزایش یافت. بالاترین عملکرد (۹۴۷۵ کیلوگرم ماده خشک در هکتار) مربوط به رقم اسپیدفید با نظام زراعی پرنهاده و تلقیح با مایکوریزا حاصل شد. همچنین نظام زراعی پرنهاده منجر به کاهش فیبر علوفه شد و بالاترین درصد فیبرخام در نظام زراعی کم نهاده مشاهده گردید، درحالی‌که نظام زراعی متوسط و پرنهاده کمترین فیبر را داشت. به‌طورکلی مشخص شد که نظام زراعی اکولوژیک به‌همراه کاربرد قارچ مایکوریزا، علاوه بر بهبود کیفیت علوفه سورگوم می‌تواند عملکرد قابل قبولی داشته و در تولید پایدار این محصول به ویژه در رقم اسپیدفید نقش موثری ایفا کند.**

**واژه‌های کلیدی:** پروتئین، فیبر، شاخص سطح برگ و عملکرد علوفه.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

**مقدمه**

امروزه توسعه منابع علوفه و خوراک دام برای تأمین امنیت غذایی ضروری است. تغذیه متعادل دام، می‌تواند محصولات غیرخوراکی برای انسان را به غذای انسانی تبدیل کند (Chand *et al.,* 2022). سورگوم (*Sorghum bicolor Moench* (L))، یکی از پنج غله اصلی جهان، گیاهی چندمنظوره است که در صنایع غذایی، سلولزی، سوخت‌های زیستی و خوراک دام و طیور کاربرد دارد (Baghdadi *et al.,* 2021). ویژگی‌های مانند زمان کشت تطبیق‌پذیر، کوتاهی فصل رشد و تناوب‌های زراعی با دیگر محصولات، باعث شده سورگوم به‌عنوان یک محصول علوفه‌ای مهم مورد توجه قرار گیرد (Hasan *et al.,* 2019). نظام‌های زراعی متداول به نهاده‌هایی مانند کودهای شیمیایی، انرژی، نیروی کار و ماشین‌آلات وابسته‌اند. با توجه به هزینه‌های بالای این نهاده‌ها، شناسایی نقاط مهم هدررفت عناصر غذایی و بهبود چرخه عناصر ضروری است. استفاده از کودهای شیمیایی سریع‌ترین راه تأمین عناصر غذایی است، اما هزینه، آلودگی و تخریب محیط زیست، از جمله مشکلات آن است (Amiri *et al.,* 2019). استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده، به منظور مدیریت بهتر منابع و دستیابی به کشاورزی پایدار، اهمیت یافته است. این نظام‌ها با کاهش وابستگی به منابع خارجی، پایداری اکوسیستم کشاورزی را افزایش می‌دهند (Berbec *et al.,* 2020). بررسی‌ها نشان می‌دهد که نظام‌های کم‌نهاده می‌توانند عملکرد مناسب و کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی را داشته باشند (Kamaei *et al.,* 2022). وابستگی زیاد به نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی، کشاورزی پایدار را تهدید می‌کند و استفاده از کودهای بیولوژیک و ریزجانداران حل‌کننده فسفات، راهکاری مؤثر برای کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و بهبود سلامت خاک است (Farid *et al*., 2023; Kaur *et al*., 2023). مایکوریزا نقش مهمی در تقویت گیاهان، افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش تحمل در برابر تنش‌های محیطی و بیماری‌ها دارد و تحقیقات نشان می‌دهند که هم‌زیستی با این قارچ‌ها می‌تواند رشد و ویژگی‌های کیفی علوفه را بهبود بخشد که در این زمینه طی آزمایشی نشان داده شد که تلقیح قارچ مایکوریزا با بذرهای سورگوم سبب بهبود ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه و برگ، کربوهیدرات‌های محلول در آب و خاکستر و کمترین درصد فیبرهای غیر محلول در شوینده‌های اسیدی در مقایسه با گیاه سورگوم غیرمایکوریزایی گردید (باقری ده‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۶). در آزمایشی با بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس، نشان داد بیشترین درصد پروتئین، خاکستر علوفه، کربوهیدرات محلول در آب، ماده خشک قابل‌هضم و فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردوکتاز در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+زیستی+کود دامی مشاهده گردید. حداکثر عملکرد علوفه و عملکرد پروتئین به‌ترتیب ۱۴۶۰/۵۲ و ۳۳۶/۳۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی+کود زیستی+کود دامی حاصل گردید (حیدرزاده و همکاران، ۱۴۰۰). در پژوهشی دیگر استفاده از قارچ مایکوریزا باعث افزایش قابل‌توجه قابلیت هضم ماده خشک، ارزش نسبی تغذیه‌ای، ماده خشک مصرفی، فیبرخام،

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

کربوهیدرات محلول در آب و کل ماده مغذی قابل هضم در جو و خلر گردید (حقانی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۸). در تحقیقی که در مورد اثر مایکوریزا بر روی سورگوم انجام شد، مشخص شد، قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* می‌تواند از طریق تعدادی از مسیرهای متابولیک و آنزیمی، ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک کل، طول و قطر ساقه بهبود بخشد (Ortas *et al.,* 2022). رنجبر و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی با اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای نشان دادند، عملکرد علوفه‌ی تر ذرت در نظام خاک‌ورزی متداول بیشتر از دونظام دیگر بود. بیشترین عملکرد علوفه‌ی تر با مقدار ۷۱ تن در هکتار در نظام خاک‌ورزی متداول و کمترین عملکرد با مقدار ۶۴ تن در هکتار برای نظام بدون خاک‌ورزی به‌دست آمد که علت آن افزایش دسترسی به آب یا دسترسی به آب بیشتر و توسعه مناسب ریشه در سیستم خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. Douds و همکاران (۱۹۹۳) ضمن بررسی دو سیستم زراعی اکولوژیک و متداول در تولید محصولات ذرت و سورگوم گزارش کردند که بیشترین جمعیت قارچ‌های مایکوریزا در نظام زراعی کم نهاده مشاهده شد. برخی محققان بیوماس بیشتر تولید شده در گیاهان کشت شده در نظام اکولوژیک را یکی از عوامل مهم پایداری این گونه نظام‌ها از نظر تأمین انرژی برای سایر سطوح چرخه‌های غذایی فعال در این نظام ذکر کرده‌اند (Pimentel *et al*., 2005). با توجه به اینکه تولید غذایی با کیفیت و حفظ سلامت و پایداری اکوسیستم ضرورت فعالیت‌های کشاورزی در سال‌های پیش رو است، توجه به مدیریت‌های زراعی مبتنی بر اصول اکولوژیک و کم‌نهاده لازم و ضروری است. از اینرو معرفی مناسب‌ترین نظام زراعی و انتخاب ارقام سازگار برای هر نظام زراعی با تاکید بر کاهش اثرات زیست محیطی از طریق کاربرد مایکوریزا در رونق تولید و پایداری بوم نظام‌های کشاورزی مؤثر خواهد بود. بنابراین هدف این پژوهش، ارزیابی اثر نظام‌های زراعی و هم‌زیستی ریزجاندارن خاکزی بر برخی صفات مورفولوژیک و کیفی ارقام سورگوم علوفه‌ای در خوزستان بود.

**مواد و روش‌ها**

این آزمایش در مزرعه کشت و صنعت شهید بهشتی دزفول واقع در ۱۳ کیلومتری جنوب شهرستان اندیمشک و در ۴۵ کیلومتری دزفول، با موقعیت عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا در سال زراعی ۰۲ - ۱۴۰۱به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک با تابستان‌های گرم و طولانی می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ۲۷۹ میلی‌متر، میانگین حداکثر درجه حرارت سالیانه در مرداد ماه ۴۸/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل درجه حرارت سالیانه در دی ماه سه درجه سانتی‌گراد بود. تیمارهای آزمایشی شامل چهار نظام‌زراعی (پرنهاده (رایج)، متوسط نهاده، کم‌نهاده و اکولوژیک) در کرت‌های اصلی و چهار رقم سورگوم علوفه‌ای (منصور، اسپیدفید، پگاه و

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

پژیال) و دو سطح مایکوریزا (تلقیح و عدم تلقیح) در کرت‌های فرعی بود. قبل اجرای آزمایش، نمونه خاک مزرعه به‌صورت تصادفی و زیگزاگ از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

**جدول ۱: برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

| بافت خاک | درجه اسیدی خاک | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | ماده آلی (درصد) | نیتروژن (درصد) | پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| سیلتی -لمومی | ۷/۵ | ۱/۳۵ | ۰/۹۸ | ۰/۰۹۵ | ۱۹۳ | ۱۴/۵ |

بذور قبل از کشت با قارچ مایکوریزا آربسکولار حاوی سویه‌های *Glomus etunicatum*، *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* با شمارش 107 تا 108 (CFU/gr) تهیه شده از شرکت زیست‌فناور سبز با برند مایکوروت آغشته شدند. کلیه عوامل زراعی و مصرف نهاده‌ها اعم از کاشت، داشت و برداشت، مطابق جدول ۲ برای هر کدام از نظام‌های زراعی در زمان مناسب و معمول منطقه انجام شد. عملیات تهیه زمین، کنترل علف‌های‌هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، کودهای شیمیایی و دامی در نظام‌های زراعی پرنهاده و کم‌نهاده، به‌ترتیب حداکثر و حداقل عملیات زراعی و نهاده مصرفی که کشاورزان منطقه استفاده می‌کنند و برای نظام متوسط نهاده، میانگین این دو نظام به‌کار گرفته شد. در نظام زراعی اکولوژیک، حداقل خاک‌ورزی توسط تراکتور و سایر عملیات وجین علف‌های‌هرز، با نیروی انسانی انجام شد و تنها نهاده مصرفی، کود دامی و بذر بود (جدول ۲). دو هفته قبل از کاشت، کود دامی کاملاً پوسیده به‌میزان ۲۰ تن در هکتار به کرت‌های اصلی دارای نظام زراعی اکولوژیک اضافه شد. عملیات کاشت در اوایل خرداد ماه ۱۴۰۲ بلافاصله پس از برداشت گندم و تهیه زمین به‌صورت جوی و پشته با فاصله ۲۰ سانتی‌متر در هشت خط کاشت انجام شد. فاصله بین بلوک‌ها یک متر، طول و عرض ردیف‌های کاشت به‌ترتیب پنج و چهار متر، فاصله روی بوته ارقام بین هشت سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور به‌صورت کپه‌ای (دو تا سه بذر در هر کپه) در دیواره پشته (داغاب) کشت و عملیات تنک کردن زمانی که بوته‌ها به ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری (مرحله چهار تا شش برگی) رسیدند، انجام گردید.

**جدول ۲ : میزان نهاده‌های مصرفی و عملیات زراعی لازم در نظام‌های زراعی مختلف**

| نهاده‌های مصرفی | نظام‌های زراعی | | | |
|---|---|---|---|---|
| | پر نهاده | متوسط نهاده | کم نهاده | اکولوژیک |
| دفعات شخم | ۲ | ۱ | ۰ | ۰ |
| دفعات دیسک | ۲ | ۱ | ۱ | ۱ |
| دفعات لولر | ۲ | ۱ | ۱ | ۱ |
| N-P-K کیلوگرم در هکتار | ۳۰۰-۱۵۰-۱۵۰ | ۲۰۰-۱۰۰-۱۰۰ | ۵۰-۵۰-۱۰۰ | ۰ |
| کود دامی (تن در هکتار) | ۰ | ۰ | ۰ | ۲۰ |
| مبارزه با آفات (نوبت) | ۲ | ۱ | ۰ | ۰ |
| مبارزه با علف‌های‌هرز (نوبت) | ۱ | ۱ | ۰ | ۰ |

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

تراکم مطلوب برای سورگوم علوفه‌ای ۲۵۰ هزار بوته در هکتار تعیین شد (راعی و همکاران، ۱۳۹۲). آبیاری به‌صورت کرتی و جهت جوانه‌زنی و استقرار بهتر بذور، دور آبیاری به‌طور مساوی برای همه تیمارها صورت گرفت. ازطرفی برای جلوگیری از آسیب پرندگان اطراف زمین نیز سورگوم کشت شد. بذور از مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج تهیه شدند. برخی از مشخصات ارقام مورد استفاده در این آزمایش عبارتند از:

رقم اسپیدفید: از دورگیری ارقام بین سورگوم سودان‌گراس و سورگوم معمولی حاصل شده و بیشترین سطح زیر کشت کشور را دارد. دارای تیپ علوفه‌ای و زودرس بوده و بین دو تا پنج چین بسته به اقلیم قابلیت برداشت دارد.

رقم پگاه: از تلاقی والد خارجی Early orang و والد پدری LFS56 از توده‌های ایرانی حاصل شده و متحمل به تنش خشکی می‌باشدکه ساقه میزان قند مناسبی برای مصارف علوفه دارد. این رقم متوسط رس بوده و تا ۲ چین در شرایط معتدل و گرم علوفه اقتصادی و دارای کیفیت مناسبی تولید می کند و در مصرف سیلو، علوفه تازه و خشک و چرای مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

رقم پژیال: این رقم علوفه‌ای و ویژه مناطق گرم و خشک می‌باشد و چین اول طی ۷۰ روز پس از کاشت و چین دوم ۵۵ روز پس از کاشت فراهم می‌شود. در خاک سبک با فاصله بوته ۸ و فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متری نیاز به ۱۰ کیلوگرم بذر جهت کاشت دارد. متوسط رس بوده و مقاوم به ورس می‌باشد.

رقم منصور: این رقم سال ۹۹ معرفی شده و از تلاقی KFS2*LFS15 ایجاد شده است. متحمل به خشکی بوده و دارای اسیدپروسیک و نیترات پایینی است. برآورد می‌شود طی سال ۱۴۰۶ سطح زیر کشت این رقم به ۶ هزار هکتار برسد.

در تاریخ ۲۵ شهریور برداشت براساس تشکیل گل آذین کامل صورت گرفت. برداشت هر چهار رقم در یک تاریخ برداشت صورت گرفت (راعی و همکاران، ۱۳۹۲). برای برداشت نیز از دو خط وسطی بعد از در نظر گرفتن نیم متر حاشیه به طول دو متر برداشت صورت گرفت و سپس به آزمایشگاه برای تعیین وزن و دیگر خصوصیات منتقل شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی در مرحله گرده‌افشانی انتخاب گردید. جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ سطح هر کدام از برگ‌ها به‌وسیله دستگاه سطح سنج برگی دیجیتالی(مدل CI202) محاسبه گردید. پس از آن با تقسیم سطح برگ‌های مورد نظر بر سطح زمین نمونه‌برداری شده، شاخص سطح برگ در آن مرحله برای هر کرت آزمایشی محاسبه شد (بخشنده و همکاران، ۱۳۹۰). برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته (از سطح خاک تا انتهای خوشه)، قطر ساقه، از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی در مرحله گرده‌افشانی انتخاب گردید. برای محاسبه قطر ساقه، میانگین قطر پایین و وسط و بالای ساقه بوته‌ها به‌عنوان قطر ساقه با دستگاه کولیس اندازه‌گیری شد و متوسط پنج بوته برای هر کرت در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه تازه و وزن خشک از هر کرت یک مترمربع از خط دو خط وسطی در

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

مرحله گرده‌افشانی انتخاب گردید و سپس وزن‌تر علوفه (بلافاصله پس از برداشت)، اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری اندام‌های هوایی بوته، ابتدا هر اندام از بوته جدا و پس از خرد شدن به تفکیک درون پاکت‌های کاغذی داخل آون تهویه‌دار با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. نمونه‌ها بلافاصله بعد از خروج از آون با ترازوی حساس وزن شدند. به‌منظور اندازه‌گیری صفات کیفی علوفه (درصد فیبر خام (سلولز) (CF)، پروتئین خام (CP)، درصد دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز (الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی) (ADF)، ماده خشک قابل هضم (DMD) و قندهای محلول در آب (WSC)) انجام شد. روش کار به این صورت بود که از هر کرت، حدود ۵۰۰ گرم علوفه برداشت شد. سپس نمونه‌ها در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و برای انجام آزمایش‌های کیفی علوفه، به آزمایشگاه منتقل شدند و سپس در بسته‌های جداگانه قرار گرفتند. بررسی کیفیت علوفه تیمارهای مختلف، به‌وسیله دستگاه NIR مدل PERTEN-8620 ساخت کشور سوئد صورت گرفت (Jafari *et al.,*2003).

ارزیابی شاخص ارزش غذایی نسبی (RFV) براساس رابطه‌های ۲ و ۳ انجام شد(Lithourgidis *et al.,* 2011;Moore and Undersander, 2002).

رابطه ۲: $DMI = 120/ADF$

رابطه ۳: $RFV = DDM \times DMI/1.29$

در این رابطه DMI= ماده خشک مصرفی، DDM= ماده خشک قابل هضم و ADF= درصد فیبرخام

ارزیابی کل ماده مغذی قابل هضم (TDN) براساس رابطه‌ی ۴ انجام شد.

رابطه ۴: $TDN = (-1.291 \times ADF) + 101.35$

برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌های، از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴)، میانگین‌ها توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردیدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

نتایج آنالیز واریانس شاخص سطح برگ نشان داد، این صفت تحت تاثیر اثرات اصلی، متقابل دوگانه و سه‌گانه نظام زراعی، رقم و مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا نشان داد، نظام زراعی پرنهاده به‌همراه تلقیح در هر چهار رقم مورد بررسی موجب بالاترین شاخص سطح برگ شد. بالاترین شاخص سطح برگ در نظام زراعی پرنهاده و رقم پژیال در شرایط تلقیح و با میانگین ۸/۴ بدست آمد. نظام زراعی مصرف پر نهاده نسبت به مصرف کم نهاده در شرایط عدم تلقیح موجب افزایش ۱۴۰ درصدی شاخص

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

سطح برگ شده که این تأثیرات مورد نظام زراعی اکولوژیک آن حدود ۸۸ درصد است. تلقیح با مایکوریزا نیز موجب کاهش تأثیرات نظام زراعی پرنهاد به ۱۲۰ درصد و نظام زراعی اکولوژیک به ۵۷ درصد نسبت به نظام زراعی کم نهاده شد (جدول ۴). کمترین شاخص سطح برگ در نظام زراعی مصرف کم نهاده نیز از رقم منصور و پگاه در شرایط عدم تلقیح با میانگین ۲/۷۳ مشاهده شد (جدول ۴).

**جدول ۳: نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مرفولوژیکی ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای تحت تاثیر نظام های زراعی مختلف**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | شاخص سطح برگ | ارتفاع بوته | قطر ساقه | وزن تر علوفه | وزن خشک کل |
| بلوک | ۲ | ۱۵/۷۹$^{**}$ | ۱۴۵۸/۷$^{**}$ | ۱۵۵/۰$^{**}$ | ۱۴۷۷۳۸/۴$^{**}$ | ۲۴۹۶/۷$^{**}$ |
| نظام زراعی(F) | ۳ | ۹۱/۳۴$^{**}$ | ۵۵۱/۷۹$^{**}$ | ۲۰۸/۳$^{**}$ | ۳۰۹۱۴۳۷۲/۹$^{**}$ | ۵۲۲۴۵۲/۹$^{**}$ |
| خطای اصلی | ۶ | ۰/۴ | ۳/۱۱ | ۰/۰۴۱ | ۱۰۸۰۳/۳ | ۱۸۲/۵ |
| رقم(C) | ۳ | ۸۰/۱۵$^{**}$ | ۳۹۴۵/۳$^{**}$ | ۲۰۳/۷$^{**}$ | ۱۰۹۹۱۹۱/۲$^{**}$ | ۱۸۵۷۶/۳$^{**}$ |
| مایکوریزا (M) | ۱ | ۲۰/۹۸$^{**}$ | ۲۳۳۳/۶۹$^{**}$ | ۱۴/۳$^{**}$ | ۸۷۹۹۴۲/۵$^{**}$ | ۱۴۸۷۱/۰$^{**}$ |
| F×C | ۹ | ۸/۸۶$^{**}$ | ۳۵۱/۰۶$^{**}$ | ۹/۹۲$^{**}$ | ۲۲۴۹۸۷/۳$^{**}$ | ۳۸۰۲/۲$^{**}$ |
| F×M | ۳ | ۲/۲۹$^{**}$ | ۴۵۴/۹۴$^{**}$ | ۳/۴۲$^{**}$ | ۳۱۵۹۳۸/۸$^{**}$ | ۵۳۳۹/۳$^{**}$ |
| C×M | ۳ | ۱/۶۸$^{**}$ | ۱۰۱/۴۷$^{**}$ | ۱/۳۹$^{**}$ | ۳۳۲۱۷/۷$^{**}$ | ۵۶۱/۳$^{**}$ |
| F×C×M | ۹ | ۱/۶۲$^{**}$ | ۱۳۹/۵۲$^{**}$ | ۱/۷۲$^{**}$ | ۵۸۲۶۳/۹$^{**}$ | ۹۸۴/۶$^{**}$ |
| خطای فرعی | ۵۶ | ۰/۴۵ | ۴/۹۸ | ۰/۰۴۱ | ۶۵۵۰/۸ | ۱۸۰/۷ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۱۱/۹ | ۱۵/۰ | ۱۹/۲ | ۱۰/۵ | ۱۸/۰ |

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

به‌طورکلی سطح برگ به‌عنوان معیار اندازه‌گیری سیستم فتوسنتزی پذیرفته شده است و از آنجایی که برگ‌ها قسمت مهم گیاه سورگوم علوفه‌ای را تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین جز این گیاه به شماره می‌روند، لذا تغییرات آن می‌تواند بر کیفیت علوفه این گیاه نیز تاثیرگذار باشد. طبق بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که در نظام‌های زراعی، مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژنی، باعث افزایش رشد و توسعه برگ‌ها می‌شود که به افزایش شاخص سطح برگ کمک می‌کند (Mohammadi *et al.,* 2015). در این مطالعه نیز مشاهده شد، در نظام زراعی پرنهاده، با توجه به مصرف بالای کودهایی شیمیایی و کودهای زیستی، بالاترین تاثیرات بر شاخص سطح برگ ارقام سورگوم را نشان داد (جدول ۴). نیتروژن نقش مهمی در ساخت پروتئین‌ها و کلروفیل دارد. مصرف آن باعث تقویت رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش اسمولیت‌ها و توسعه سطح برگ می‌شود که در نتیجه رشد برگ را بهتر می‌کند. همچنین کودهای حاوی عناصر مانند فسفر و پتاسیم به توسعه ریشه، جذب آب و مواد مغذی و در نتیجه رشد سالم برگ‌ها کمک می‌کنند. ترکیب کود با مایکوریزا نیز بهبود جذب مواد مغذی، افزایش سطح برگ و تداوم عمر برگ در مراحل رشد را موجب می‌شود، هرچند ممکن است در نتیجه رابطه همزیستی کاهش بیوماس گیاه مشاهده شود (مارزی زاده و همکاران، ۱۴۰۰). Colomb و همکاران (۲۰۰۰) نیز اظهار داشتند، با افزایش میزان مصرف فسفر رشد گیاه ذرت تحت تأثیر قرار گرفته، شاخص سطح

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

برگ و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نهایت، موجب افزایش عملکرد گردید. در سویا نیز بیشترین میزان سطح برگ در تیمار کود سوپرفسفات تریپل به‌همراه مایکوریزا مشاهده شد (Rezvani *et al.,* 2011). در بررسی حاضر نیز با تلفیق کود فسفر و مایکوریزا در نظام زراعی پرنهاده شاخص سطح برگ نسبت به شاهد افزایش چشمگیری پیدا کرد. همچنین گزارش شده است که تلقیح گیاه با کودهای بیولوژیک باعث افزایش شاخص سطح برگ در مقایسه با شاهد شده است. گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه قارچ‌های همزیست به‌طور مستقیم سطح برگ را افزایش نداد بلکه بر دوام و وزن مخصوص برگ تأثیر می‌گذارند (Wu and Xia, 2006). با این وجود، افزایش سطح برگ برخی گیاهان دارویی از جمله ریحان در اثر انواع مختلف کودهای بیولوژیک توسط Copetta و همکاران (۲۰۰۶) گزارش شد. تحقیقات یاد شده بر این استوارند که اعمال میکروارگانیسم حل کننده فسفات باعث بهبود شرایط رشد، افزایش جذب فسفر و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز، بهبود رشد و به تبع آن باعث افزایش تعداد چتر نسبت به کود شیمیایی می‌شوند (Patel *et al.,* 2010).

**جدول ۴: مقایسه میانگین اثر سه‌گانه ارقام در نظام‌های زراعی مختلف در مایکوریزا بر خصوصیات مرفولوژیکی سورگوم**

| نظام زراعی | مایکوریزا | رقم | شاخص سطح برگ | ارتفاع بوته (سانتی متر) | قطر ساقه (میلی متر) | وزن تر علوفه (کیلو گرم/هکتار$^{-1}$) | وزن خشک کل (کیلوگرم/هکتار$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کم‌نهاده | عدم تلقیح | منصور | ۲/۸۱t | ۱۳۸/۸k | ۵/۳۶p | ۶۲۷۱/۶r | ۹۷۹/۳r |
| | | اسپیدفید | ۳/۱۸qr | ۱۵۲/۵gh | ۹/۸۳j | ۶۴۲۴/۶q | ۹۹۹/۲q |
| | | پگاه | ۲/۷۳t | ۱۲۱/۳o | ۵/۰۳q | ۵۹۹۳/۰s | ۹۴۳/۰s |
| | | پژیال | ۳/۳۴p | ۱۵۹/۷e | ۸/۵۳l | ۶۶۰۱/۰p | ۱۰۲۲/۱p |
| | تلقیح | منصور | ۳/۰۱s | ۱۴۴/۵i | ۹/۷۳j | ۵۹۷۵/۶s | ۹۴۰/۸s |
| | | اسپیدفید | ۳/۲۹pq | ۱۵۴/۰gh | ۹/۷۳j | ۶۵۱۵/۶pq | ۱۰۱۱/۰pq |
| | | پگاه | ۳/۰۸rs | ۱۲۵/۳n | ۵/۳۳pq | ۵۸۷۰/۳s | ۹۲۷/۱s |
| | | پژیال | ۳/۷۵o | ۱۶۳/۹d | ۸/۸۳kl | ۶۵۶۳/۶p | ۱۰۱۷/۲p |
| متوسط نهاده | عدم تلقیح | منصور | ۵/۷۱k | ۱۴۲/۹ij | ۹/۷۳j | ۷۹۱۵/۰i | ۱۱۹۲/۹i |
| | | اسپیدفید | ۶/۳۰i | ۱۴۰/۳jk | ۱۴/۱۳e | ۸۰۷۵/۰h | ۱۲۱۳/۷h |
| | | پگاه | ۵/۶۵k | ۱۳۰/۹lm | ۸/۷۳l | ۷۷۳۸/۰j | ۱۱۶۹/۹j |
| | | پژیال | ۶/۸۲g | ۱۲۸/۸mn | ۱۵/۳۳d | ۷۵۲۰/۳kl | ۱۱۴۱/۶kl |
| | تلقیح | منصور | ۵/۹۱j | ۱۵۲/۶gh | ۱۱/۰۲hi | ۸۱۶۶/۶gh | ۱۲۲۵/۶gh |
| | | اسپیدفید | ۶/۵۸h | ۱۵۱/۴h | ۱۵/۳۳d | ۸۳۱۱/۰f | ۱۲۴۴/۴f |
| | | پگاه | ۶/۵۸h | ۱۵۹/۱e | ۹/۱۲k | ۸۲۵۵/۰fg | ۱۲۳۷/۱fg |
| | | پژیال | ۷/۴۵e | ۱۶۹/۹bc | ۱۶/۲۳c | ۸۳۵۱/۳f | ۱۲۴۹/۶f |
| پرنهاده | عدم تلقیح | منصور | ۷/۱۳f | ۱۵۲/۱gh | ۱۰/۸۳i | ۸۸۱۰cd | ۱۳۰۹/۳cd |
| | | اسپیدفید | ۷/۵۹cd | ۱۵۵/۴gh | ۱۶/۵۳c | ۹۰۴۸/۳b | ۱۳۴۰/۲b |
| | | پگاه | ۷/۲۲f | ۱۳۲/۴lm | ۹/۸۳j | ۸۶۲۵/۳e | ۱۲۸۵/۲e |
| | | پژیال | ۸/۰۵a | ۱۷۱/۹b | ۱۷/۵۳a | ۸۸۴۴/۰c | ۱۳۱۲/۷c |
| | تلقیح | منصور | ۷/۵۵de | ۱۵۱/۹gh | ۱۰/۸۳i | ۹۰۵۷/۳b | ۱۳۴۱/۴b |
| | | اسپیدفید | ۷/۶۵cd | ۱۶۷/۰cd | ۱۶/۹۳b | ۹۴۷۵/۰a | ۱۳۹۵/۷a |
| | | پگاه | ۷/۶۵cd | ۱۳۴/۴l | ۹/۷۳j | ۸۶۹۰/۶de | ۱۲۹۳/۷de |
| | | پژیال | ۸/۳۷a | ۱۷۵/۹a | ۱۷/۳۳a | ۹۱۲۷/۳b | ۱۳۵۰/۵b |
| اکولوژیک | عدم تلقیح | منصور | ۴/۲۵n | ۱۴۲/۲ijk | ۷/۵۳m | ۷۳۷۴/۳mn | ۱۱۲۲/۶mn |
| | | اسپیدفید | ۵/۹۱j | ۱۴۱/۲ijk | ۱۲/۵۳g | ۷۲۴۱/۰n | ۱۱۲۲/۶mn |
| | | پگاه | ۴/۳۵n | ۱۲۱/۷o | ۵/۸۳o | ۶۷۳۸/۳o | ۱۰۳۹/۹o |
| | | پژیال | ۶/۲۸i | ۱۵۸/۰ef | ۶/۵۳n | ۷۶۳۲/۶jk | ۱۱۵۶/۲jk |
| | تلقیح | منصور | ۴/۷۱l | ۱۴۴/۳i | ۸/۶۳l | ۷۶۱۵/۰jk | ۱۱۵۳/۹jk |
| | | اسپیدفید | ۶/۵۹h | ۱۶۴/۲d | ۱۲/۹۳f | ۷۴۴۸/۰lm | ۱۱۳۲/۲lm |
| | | پگاه | ۴/۵۵m | ۱۲۵/۳n | ۶/۶۳n | ۶۸۶۷/۶o | ۱۰۵۶/۷o |
| | | پژیال | ۵/۸۹j | ۱۶۴/۲d | ۱۱/۲۳h | ۷۶۲۶/۰jk | ۱۱۵۵/۳jk |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

**خصوصیات رشدی بوته**

نتایج آنالیز واریانس ارتفاع بوته، و قطر ساقه نیز نشان داد، نظام زراعی، رقم، مایکوریزا ، نظام زراعی در رقم، نظام زراعی در مایکوریزا و رقم در مایکوریزا و اثر سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا بر هر دو صفت مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد اثرگذار بودند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات سه‌گانه در مورد ارتفاع بوته و قطر ساقه نیز نشان داد، در نظام زراعی مصرف پرنهاده بالاترین ارتفاع بوته و قطر ساقه از ارقام اسپیدفید و پژیال، در شرایط تلقیح مایکوریزا مشاهده شد، این در حالی است که در نظام زراعی مصرف متوسط نهاده، ارقام پگاه و منصور نتیجه بهتری را به خود اختصاص داد، ولی با مصرف پر نهاده در شرایط عدم تلقیح تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند. به‌طورکلی بالاترین ارتفاع بوته (۱۷۵/۹ سانتی‌متر) و قطر ساقه (۱۷/۳ میلی‌متر) از رقم پژیال در شرایط نظام زراعی پرنهاده و تلقیح با مایکوریزا بدست آمد که در قطر ساقه بین این تیمار و در شرایط عدم تلقیح و تلقیح با مایکوریزا تفاوت آماری وجود نداشته و هر دو در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۴). بررسی‌ها نشان داده است که استفاده حداکثری از منابع و شرایط مناسب رشد، سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. در صورت عدم دسترسی به عناصر غذایی، گیاه نمی‌تواند از منابع محیطی به‌درستی بهره‌برداری کند و این محدودیت باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Ehteshami *et al*., 2014). در این مطالعه، استفاده از کودهای زیستی همراه با نظام‌های زارعی پرنهاده و اکولوژیک باعث افزایش ارتفاع و ماده خشک قسمت‌های مختلف گیاه شد. افزایش طول و قطر ساقه نشانه فعالیت فتوسنتزی و تولید مواد متابولیکی بیشتر است که منجر به افزایش عملکرد گیاه می‌شود. همچنین، قارچ مایکوریزا به بهبود جذب آب و عناصر غذایی مانند فسفر، آهن، روی، مس و منگنز کمک کرده و در نتیجه بهبود عملکرد سورگوم را موجب می‌شود (Bhantana *et al.,* 2021). طبق نظر Adnan و همکاران (۲۰۲۰) افزایش ارتفاع بوته‌های ذرت در تیمارهای تلقیح شده با قارچ مایکوریزا و باکتری حل کننده فسفات، به‌وجود یک رابطه بین هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها در تأثیر این مواد تلقیحی بر ارتفاع گیاه، نسبت داده شده است. استفاده از مایکوریزا باعث تقویت توان گیاه در جذب رطوبت و عناصر غذایی می‌شود، که منجر به افزایش تبادلات روزنه‌ای، فتوسنتز و تثبیت دی‌اکسیدکربن شده و در نتیجه تولید ماده خشک در قسمت‌های مختلف گیاه افزایش می‌یابد. همچنین، هدایت هیدرولیکی ریشه در اثر مایکوریزا و تغذیه کودی مناسب افزایش یافته و آب با راندمان بیشتری منتقل می‌شود. گیاهان مایکوریزه همچنین بیوماس ریشه بیشتری تولید می‌کنند که این امر جذب عناصر غذایی و انتقال آب و فتوسنتز را در گیاهان بهبود می‌بخشد (وحیدی و همکاران، ۱۳۹۷). همزیستی مایکوریزا به‌عنوان یک محرک متابولیسمی عمل کند که سبب جابه‌جایی قاعده‌گرای محصولات فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها شده و این گونه محرکی برای انجام فعالیت‌های فتوسنتزی بیشتر باشد (Mitra *et al.,* 2021). به نظر می‌رسد، گیاهان تلقیح شده با قارچ مایکوریزا میزان هورمون‌های

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

سیتوکینین و جیبرلین را افزایش می‌دهند که این افزایش، به‌ویژه سیتوکینین، می‌تواند شدت فتوسنتز را با باز کردن روزنه‌ها و تنظیم محتوای کلروفیل بهبود بخشد (Foo *et al.,* 2013). همچنین، گزارش شده است، مایکوریزا جذب عناصر غیرمتحرک مانند منیزیم، مس، منگنز، روی و آهن را افزایش می‌دهد و چون برخی از این عناصر نقش مهمی در ساخت کلروفیل دارند، می‌توان افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی را نتیجه این جذب بیشتر دانست (Aghighi Shahverdi *et al.,* 2019). همچنین اثر کودهای زیستی بر افزایش محتوای کلروفیل برگ عمدتاً از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن در برگ صورت می‌گیرد. این فرآیند، هم‌زمان، فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل و افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه، که پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست هستند، را تسهیل می‌کند (Zhang *et al.,* 203). از طرفی نیتروژن از طریق افزایش تعداد و سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب دریافت انرژی نورانی خورشید و نیز شرکت در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن فتوسنتزی، موجب افزایش بازده فتوسنتزی از طریق افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود (Aghighi Shahverdi *et al.,* 2019). حمزه‌ئی و صادقی (۱۳۹۲) اشاره کردند که افزایش عملکرد ماده خشک گیاه در همزیستی با مایکوریزا ناشی از افزایش سرعت فتوسنتز در گیاهان مایکوریزایی است. علاوه بر این، بهبود عملکرد ماده خشک با مصرف کود را می‌توان به افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عناصر، غلظت بالاتر کلروفیل، فعالیت‌های آنزیمی مثل فسفو اینول پیروات کربوکسیلاز و ریبولوز بی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور آهن و روی نسبت داد (باقری ده آبادی و همکاران، ۱۳۹۶).

**عملکرد علوفه تازه و خشک**

وزن علوفه تازه و وزن خشک کل بوته نیز تحت تاثیر اثرات اصلی، دوگانه و سه‌گانه نظام زراعی، رقم و مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه در مورد این دو صفت نشان داد، در نظام زراعی مصرف پرنهاده و شرایط عدم تلقیح در هر چهار رقم مورد بررسی، بیشترین عملکرد علوفه تازه و خشک بدست آمد، به‌طوری‌که عملکرد علوفه تازه در رقم منصور و اسپیدفید ۴۴ و ۴۷ درصد و در رقم پگاه و پژیال ۴۵ درصد و ۳۸ درصد نسبت به نظام زراعی کم نهاده در شرایط عدم تلقیح افزایش یافت. همچنین بالاترین (۹۴۷۵ کیلوگرم در هکتار) و پایین‌ترین (۵۸۷۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد علوفه تازه به ترتیب از رقم اسپیدفید در نظام زراعی پرنهاده و تلقیح و رقم پگاه و نظام زراعی کم نهاده و تلقیح با مایکوریزا مشاهده شد. بالاترین وزن خشک کل(۱۳۹۵ کیلوگرم در هکتار) نیز از رقم اسپیدفید در نظام زراعی پرنهاده و تلقیح بدست آمد (جدول ۴). گزارش‌ها نشان داد، استفاده حداکثر از منابع و شرایط رشدی مناسب به‌دلیل برخورداری از منابع می‌تواند عامل اصلی در افزایش عملکرد سورگوم باشد. همچنین عدم دسترسی به عناصر غذائی و منابع موجود، موجب کاهش بهره‌برداری بهینه‌ای و موجب کاهش این صفت می‌شود (Ehteshami *et*

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

*al.,* 2014). Habyarimana و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند، باکتری‌های حل کننده فسفات، وزن ساقه و ریشه گوجه فرنگی را با جذب بیشتر فسفر نسبت به شاهد افزایش دادند که این می‌تواند موجب افزایش بیوماس تولیدی شد. فسفر به‌عنوان محدود کننده‌ترین عنصر پرمصرف در اغلب خاک‌های کشور و با دارا بودن کود سوپرفسفات تریپل و باکتری‌های حل کننده فسفات باعث تولید حداکثر عملکرد شده است (Billah *et al.,* 2019). این نتایج با یافته‌های Shuaibu و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه سورگوم مطابقت دارد. کودهای زیستی از طریق توسعه و بهبود سیستم ریشه‌ای در گیاه موجب افزایش توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل‌دسترس شده و از این طریق باعث افزایش عملکرد شده است (Chaudhary *et al.,* 2022). همچنین گزارش شده است که قارچ مایکوریزا در سورگوم از طریق افزایش جذب و انتقال آب و عناصر غذایی مختلف مانند فسفر، آهن، روی، مس و منگنز به ریشه‌ها به‌طور غیره مستقیم سبب افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Bhantana *et al.,* 2021). Gollnera و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که تلقیح ذرت با G. intraradicesو G. mosseae وزن اندام هوائی را بسته به ترکیب گونه و مایه تلقیح، افزایش می‌دهد. گزارش شده است تلقیح مایکوریزا و Sinorhizobium و تلفیق آن‌ها باعث افزایش وزن اندام هوایی نسبت به شاهد شد. باکتری سینورایزوبیوم با افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و مایکوریزا با جذب بالاتر فسفر قابل‌دسترس باعث رشد رویشی بیشتر در گیاه شده و از طرف دیگر با توجه به اثرات مثبتی که بین دو عنصر وجود دارد باعث بهبود وزن اندام هوایی شده است (Cazzato *et al.,* 2012). همچنین Afrasiabi و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند، بیشترین میزان عملکرد علوفه در کود بیولوژیک بارور ۲ همراه با ۷۵ کیلوگرم کود فسفره سوپرفسفاتتریپل و کمترین میزان عملکرد علوفه متعلق به کود بیولوژیک و سطح صفر کیلوگرم کود فسفره سوپرفسفاتتریپل بود. افزایش جذب عناصر غذائی به‌ویژه فسفر، مهم‌ترین عاملی است که وزن گیاه را در همزیستی با این میکروارگانسیم‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته سایر جنبه‌های بیوشیمیائی گیاه میزبان در همزیستی با این میکروارگانسیم‌ها می‌تواند اندازه اندام گیاه میزبان را تحت تأثیر قرار دهد (Silva *et al.,* 2023). همزیستی مایکوریزا به‌عنوان یک محرک متابولیسمی عمل کند که سبب جابه‌جایی قاعده‌گرای محصولات فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها شده و این گونه محرکی برای انجام فعالیت‌های فتوسنتزی بیشتر باشد (Mitra *et al.,* 2021). گیاهان تلقیح شده با قارچ مایکوریزا با افزایش هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین، شدت فتوسنتز را از طریق باز شدن روزنه‌های هوا افزایش می‌دهند. حمزه‌ئی و صادقی (۱۳۹۲) نیز اعلام کردند که افزایش سرعت فتوسنتز در گیاهان مایکوریزایی موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شود. Valentine و همکاران (۲۰۰۶) این افزایش سرعت فتوسنتز را به افزایش وزن مخصوص برگ، فعالیت آنزیم رابیسکو و میزان انتقال الکترون نسبت دادند. همچنین، می‌توان افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت موثر تثبیت کربن، کاهش تجمع سدیم و بهبود

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

کارایی جذب عناصر را دلیل افزایش عملکرد ذکر کرد (باقری ده آبادی و همکاران، ۱۳۹۶).

**کیفیت علوفه**

نتایج مربوط به درصد فیبر و پروتئین خام علوفه نشان داد، درصد فیبر خام تحت تاثیر نظام زراعی، رقم، نظام زراعی در رقم و رقم در مایکوریزا قرار گرفت، این در حالی است که اثرات اصلی، متقابل دوگانه و سه‌گانه نظام زراعی، رقم و مایکوریزا در پروتئین خام معنی‌دار شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نظام زراعی در رقم در مورد درصد فیبرخام نشان داد، نظام زراعی پرنهاده موجب کاهش فیبر علوفه شد. در هر چهار رقم، بالاترین درصد فیبرخام مربوط به نظام زراعی کم نهاده بود و نظام زراعی اکولوژیک در رتبه بعدی قرار گرفت و بین مصرف متوسط و پرنهاده نیز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و کمترین فیبر علوفه را به‌خود اختصاص دادند. بالاترین میزان فیبرخام (۴۰/۷ درصد) در نظام زراعی کم-نهاده از رقم پگاه و کمترین مقدار (۲۸/۸ درصد) از نظام زراعی مصرف پرنهاده و رقم پژیال مشاهده شد (شکل ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در مایکوریزا در مورد این صفت نیز مشخص نمود، بالاترین درصد فیبر خام (۳۶/۵ درصد) از رقم پگاه مشاهده شد که بین مصرف و عدم مصرف مایکوریزا تفاوت آماری وجود نداشت. همچنین تلقیح با مایکوریزا تنها در رقم پژیال تأثیرگذار بود (جدول ۶). Afrasiabi و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد، بیشترین میزان درصد فیبر اندام گیاهی اسکوتالاتا (Robinso Medicago scutellata) در تیمارهای عدم وجود کود بیولوژیک به دست آمد و کمترین درصد فیبر نیز متعلق به تیمار کود بیولوژیک سوپرفسفاتتریپل بود. گزارش شده است که درصد فیبر در تیمارهایی با میزان فسفر کمتر افزایش یافته که این عامل می‌تواند به‌دلیل کاهش کیفیت و خشبی شدن اندام‌های رویشی گیاه با کمبود فسفر باشد. براساس نتایج موجود در این مطالعه و تحقیقات صورت گرفته می‌توان رابطه‌ی بین درصد پروتئین و درصد فیبر رابطه معکوس دارد و تیماری که موجب افزایش میزان پروتئین علوفه شده کاهش فیبرخام علوفه را به همراه دارد (Afrasiabi و همکاران، ۲۰۱۰). اثرات متقابل سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا در مورد پروتئین خام نشان داد، نظام زراعی پرنهاده موجب افزایش و تلقیح با میکوریزا موجب کاهش پروتئین خام در ارقام مورد مطالعه شد و رقم اسپیدفید نیز بالاترین میزان پروتئین خام را به‌خود اختصاص داد. بالاترین میزان پروتئین خام در ارقام منصور(۸/۱ درصد)، اسپیدفید (۱۲/۲ درصد) و پگاه (۱۱/۴ درصد) از نظام زراعی اکولوژیک در شرایط عدم تلقیح بدست آمد، اما در رقم پژیال، بالاترین میزان پروتئین خام علوفه (۹/۸۹ درصد) از نظام زراعی کم نهاده و تلقیح با مایکوریزا مشاهده شد (جدول ۶). بالا بودن پروتئین، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی گیاهان علوفه‌ای می‌باشد و بالا بودن آن یک فاکتور مؤثر در انتخاب علوفه برای تغذیه دام محسوب می‌شود. درصد پروتئین در علوفه از نظر قابلیت هضم زیاد آن غالباً به‌عنوان شاخصی از قابلیت هضم در نظر گرفته می‌شود. با توجه به نتایج حاصله در مورد تثبیت نیتروژن و میزان نیتروژن اندام گیاهی بین

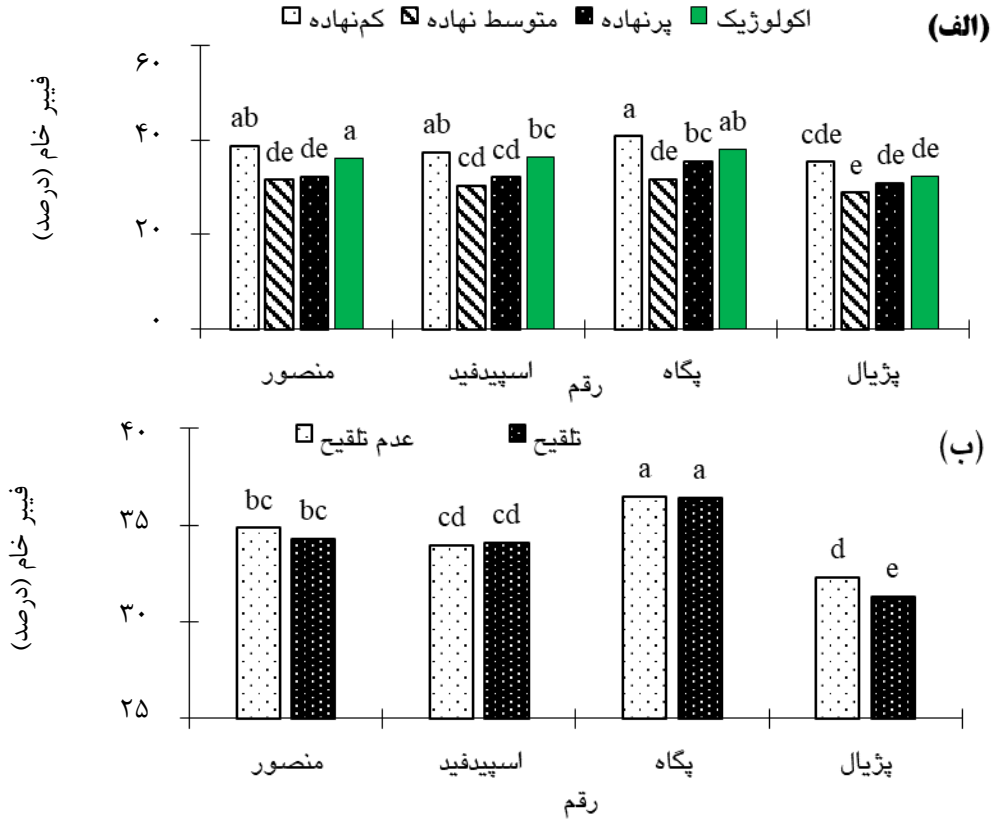
[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

تیمارهای مختلف و همچنین با توجه به نقش بنیادین این عنصر در ساختمان اسیدهای آمینه که پیش‌سازهای پروتئین باشد، می‌توان چنین استدلال نمود که تیمارهای وجود کود بیولوژیک و یا تیمارهایی با میزان فسفر محلول بیشتر به علت جذب و فراهمی بیشتر نیتروژن در ساختار خود، میزان پروتئین بیشتری را دارا می‌باشند.

**جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کیفیت علوفه ارقام مختلف سورگوم علوفه‌ای تحت تاثیر نظام زراعی مختلف**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد فیبر خام | پروتئین خام | درصد همی سلولز | ماده خشک قابل هضم | شاخص ارزش غذایی نسبی |
| بلوک | ۲ | ۳۳/۹۴$^{**}$ | ۱/۵۷$^{**}$ | ۸۵/۲۷$^{**}$ | ۸۱۷/۴$^{**}$ | ۶۱۲/۷$^{**}$ |
| نظام زراعی(F) | ۳ | ۲۵۴/۰۳$^{**}$ | ۹۷/۷$^{**}$ | ۵۳۰/۲$^{**}$ | ۳۲۱/۷$^{**}$ | ۷۶۳۶/۷$^{**}$ |
| خطای اصلی | ۶ | ۰/۹۰۰ | ۰/۱۰ | ۰/۱۹۴ | ۱/۱۷ | ۲۰/۶۱ |
| رقم(C) | ۳ | ۸۶/۹۰$^{**}$ | ۱/۳۲$^{**}$ | ۱۰/۵۳$^{**}$ | ۶۳/۹$^{**}$ | ۱۴۱/۸$^{**}$ |
| مایکوریزا (M) | ۱ | ۰/۰۹۵$^{ns}$ | ۵/۵۲$^{**}$ | ۶۱/۹۰$^{**}$ | ۳۷۵/۶$^{**}$ | ۶۵۴/۸$^{**}$ |
| F×C | ۹ | ۳/۷۲$^{**}$ | ۱/۶۵$^{**}$ | ۴/۸۶$^{**}$ | ۲۹/۵$^{**}$ | ۵۵/۱۸$^{**}$ |
| F×M | ۳ | ۱/۳۷$^{ns}$ | ۰/۰۵$^{**}$ | ۰/۹۴$^{**}$ | ۵/۷۰$^{**}$ | ۱۶/۸۱$^{*}$ |
| C×M | ۳ | ۲/۶۲$^{**}$ | ۰/۱۷$^{**}$ | ۱/۳۶$^{**}$ | ۸/۲۷$^{**}$ | ۸/۷۰$^{ns}$ |
| F×C×M | ۹ | ۰/۷۸$^{ns}$ | ۰/۰۸$^{**}$ | ۰/۶۴$^{**}$ | ۳/۸۹$^{**}$ | ۱۳/۳۴$^{*}$ |
| خطای فرعی | ۵۶ | ۰/۵۹ | ۰/۰۱ | ۰/۱۴۳ | ۰/۸۶ | ۶/۰۸ |
| ضریب تغییرات (٪) | - | ۱۲/۲ | ۱۰/۴ | ۱۱/۱ | ۱۴/۷ | ۱۲/۲ |

ns، * و ** به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد




**شکل ۱: اثر متقابل رقم در نظام زراعی (الف) و رقم در مایکوریزا (ب) بر فیبر خام**

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

در بررسی تاثیر نظام‌های کم آبیاری و کود شیمیایی و زیستی فسفر بر خصوصیات کمی و کیفی شلغم علوفه‌ای گزارش کردند که تأمین فسفر مورد نیاز گیاه می‌تواند مقدار پروتئین علوفه شلغم را افزایش دهد و در این میان تاثیرگذاری کود تلفیقی بیشتر از کود کامل شیمیایی و یا زیستی بود (Keshavarz Afshar *et al.,* 2012). در این مطالعه نیز نظام زراعی پرنهاده و تلقیح با مایکوریزا، پروتئین خام ارقام مورد بررسی بیشترین مقدار بود (جدول ۶). افزایش معنی‌دار درصد پروتئین و قابلیت هضم ذرت با افزایش سطوح مختلف نیتروژن، نیز توسط دیگر محققین گزارش شده است ( Almodares *et al.,* 2009). در آزمایش دیگری مشخص شد که تلقیح توأم ریزوبیوم، قارچ مایکوریزا و ریزوباکتری‌های حل کننده فسفات در ریزوسفر یونجه باعث افزایش جذب فسفر و نیتروژن و در نهایت پروتئین می‌گردد و بین سطوح مختلف کودی در درصد پروتئین خام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ اما با این حال مقایسه تیمارها نشان داد که تیمار تلقیح بذر به‌همراه کود، بیشترین پروتئین خام را داشت و کمترین مقدار پروتئین خام مربوط به تیمار شاهد بود ( Afzal and Bano, 2008). ماده خشک قابل هضم نیز علاوه بر اثرات اصلی و دوگانه‌ها، تحت تاثیر اثرات سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۵). اثرات متقابل سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا در مورد این صفت نشان داد، نظام زراعی پرنهاده و تلقیح موجب افزایش ماده خشک قابل هضم در ارقام مورد مطالعه شد و رقم اسپیدفید نیز بالاترین میزان این صفت را به‌خود اختصاص داد. بالاترین ماده خشک قابل هضم در ارقام مورد مطالعه از نظام زراعی اکولوژیک به‌همراه عدم‌تلقیح یا نظام زراعی کم نهاده به‌همراه تلقیح بدست آمد، اما در رقم اسپیدفید و پژیال نظام زراعی اکولوژیک و عدم تلقیح بالاترین تاثیر را نشان داد (جدول ۶). به‌طورکلی، بالاترین ماده خشک قابل هضم (۶۷/۸۶ درصد) از رقم اسپیدفید در نظام زراعی اکولوژیک نهاده و عدم تلقیح بدست آمد (جدول ۶). قابلیت هضم ماده خشک، اغلب نماینده انرژی قابل هضم می‌باشد و بهبود قابلیت هضم از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاحی گیاهان علوفه‌ای می‌باشد زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله دام، بهبود می‌بخشد ( Coleman and Moore, 2003). Yazdani و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که کاربرد میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و ریزوباکتری های محرک رشد گیاه به همراه کود شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت داشت و کیفیت علوفه ذرت را از طریق افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک بهبود بخشید. قابلیت هضم ماده خشک، اغلب نماینده انرژی قابل هضم می‌باشد و بهبود آن از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاحی می‌باشد زیرا قابلیت هضم بالا کارآیی تبدیل عناصر مغذی را بوسیله دام، بهبود می‌بخشد (Niderkorn and Baumont, 2009). اثرات سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا نیز به‌همراه اثرات اصلی و دوگانه بر میزان همی‌سلولز دارای اثر معنی‌دار بودند (جدول ۵). اثرات متقابل سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا در مورد همی‌سلولز نیز مشخص کرد، نظام زراعی پرنهاده موجب افزایش همی‌سلولز شد، ولی تلقیح در

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

برخی تیمارهای کودی موجب افزایش تاثیرات آن‌ها و در برخی موارد کاهش تأثیرات آن‌ها را به‌همراه داشت.

**جدول ۶: مقایسه میانگین اثر سه‌گانه ارقام در نظام زراعی مختلف در مایکوریزا بر خصوصیات علوفه‌ای سورگوم**

| نظام زراعی | مایکوریزا | رقم | پروتئین خام (درصد) | همی سلولز(درصد) | ماده خشک قابل هضم(درصد) | شاخص ارزش غذایی نسبی(درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کم‌نهاده | عدم تلقیح | منصور | ۶/۷۶op | ۳۸/۹۶cd | ۵۸/۵۴op | ۸۷/۵n |
| | | اسپیدفید | ۱۱/۷۶c | ۲۸/۹۶no | ۶۶/۳۳de | ۱۲۴/۶b |
| | | پگاه | ۹/۹۵h | ۳۲/۹۶k | ۶۳/۲۱h | ۱۰۵/۳fgh |
| | | پژیال | ۹/۴۹i | ۳۶/۱۶g | ۶۰/۷۲l | ۹۴/۹kl |
| | تلقیح | منصور | ۶/۸۵no | ۳۷/۲۳f | ۵۹/۸۹m | ۹۲/۸lm |
| | | اسپیدفید | ۱۱/۹۰bc | ۲۷/۳۹qr | ۶۷/۵۹ab | ۱۳۱/۱a |
| | | پگاه | ۱۰/۲۵g | ۳۱/۷۵ | ۶۴/۱۶fg | ۱۰۸/۸def |
| | | پژیال | ۹/۸۹h | ۳۴/۳۶i | ۶۲/۱۲j | ۹۹/۶j |
| متوسط نهاده | عدم تلقیح | منصور | ۷/۱۸m | ۳۸/۳۶e | ۵۹/۰۱no | ۹۰/۲mn |
| | | اسپیدفید | ۱۲/۲۳a | ۲۷/۹۳pq | ۶۷/۱۳bc | ۱۳۳/۳a |
| | | پگاه | ۱۰/۵۵f | ۳۲/۲۶l | ۶۳/۷۶g | ۱۰۶/۹de |
| | | پژیال | ۸/۸۹j | ۳۴/۰۶i | ۶۲/۳۶j | ۱۰۰/۳ij |
| | تلقیح | منصور | ۶/۶۰p | ۳۹/۱۶c | ۵۸/۳۸p | ۸۶/۴n |
| | | اسپیدفید | ۱۱/۷۸c | ۲۸/۴۶op | ۶۶/۳۳de | ۱۲۹/۸a |
| | | پگاه | ۹/۸۵h | ۳۳/۱۳k | ۶۳/۲۱h | ۱۰۵/۵efg |
| | | پژیال | ۸/۲۹k | ۳۵/۸۳g | ۶۰/۹۸l | ۹۷/۴jk |
| پرنهاده | عدم تلقیح | منصور | ۶/۳۱q | ۴۲/۹۱a | ۵۵/۴۷r | ۷۶/۳o |
| | | اسپیدفید | ۱۱/۰۱e | ۲۹/۳۰n | ۶۶/۰۷e | ۱۱۹/۲c |
| | | پگاه | ۹/۸۵h | ۳۳/۳۰jk | ۶۲/۹۵hi | ۱۰۸/۹def |
| | | پژیال | ۹/۲۹i | ۳۷/۹۶e | ۵۹/۳۲n | ۹۰/۹mn |
| | تلقیح | منصور | ۷/۰۴mn | ۴۱/۶۱b | ۵۶/۴۸q | ۷۸/۸o |
| | | اسپیدفید | ۱۱/۸۹bc | ۲۷/۸۹pq | ۶۷/۱۷bc | ۱۳۱/۴a |
| | | پگاه | ۱۰/۰۵gh | ۳۱/۱۶m | ۶۴/۶۲f | ۱۱۰/۳d |
| | | پژیال | ۹/۸۵h | ۳۴/۲۰i | ۶۲/۲۵j | ۱۰۰/۸hij |
| اکولوژیک | عدم تلقیح | منصور | ۸/۰۷k | ۳۸/۰۰e | ۵۹/۲۹n | ۹۰/۰mn |
| | | اسپیدفید | ۱۲/۲۱a | ۲۷/۰۰r | ۶۷/۸۶a | ۱۳۲/۲a |
| | | پگاه | ۱۱/۴۰d | ۳۲/۲۶m | ۶۴/۵۴f | ۱۱۶/۰c |
| | | پژیال | ۸/۹۹j | ۳۳/۷۶ij | ۶۲/۵۹ij | ۱۰۴/۱ghi |
| | تلقیح | منصور | ۷/۷۶l | ۳۹/۳۰c | ۵۸/۲۸p | ۸۷/۵n |
| | | اسپیدفید | ۱۲/۰۱ab | ۲۹/۴۲n | ۶۵/۹۸e | ۱۲۴/۸b |
| | | پگاه | ۱۰/۷۶f | ۳۲/۹۰k | ۶۳/۲۷h | ۱۰۷/۶d-g |
| | | پژیال | ۸/۱۳k | ۳۵/۱۶h | ۶۱/۵۰k | ۹۹/۳jk |

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد

به‌عنوان مثال، در ارقام منصور و پژیال، بالاترین درصد همی‌سلولز (۴۲/۹۱ و ۳۷/۹۶ درصد به ترتیب در رقم منصور و پژیال) از نظام زراعی پرنهاده و عدم تلقیح بدست آمد که نسبت به نظام زراعی کم نهاده در این شرایط ۱۰ و ۵ درصد بیشتر بود، این در حالی بود که نظام زراعی پرنهاده در شرایط تلقیح ۱۲ و ۱- درصد همی‌سلولز بیشتر از نظام زراعی کم نهاده بود. در رقم اسپیدفید نیز بالاترین درصد همی‌سلولز (۲۹/۹ درصد) از نظام زراعی پر نهاده در شرایط عدم تلقیح و نظام زراعی اکولوژیک نهاده و تلقیح بدست آمد. بالاترین درصد همی سلولز (۳۳/۳ درصد) در رقم پگاه نیز از نظام زراعی پرنهاده و عدم تلقیح یا نظام زراعی متوسط نهاده و تلقیح مشاهده شد (جدول ۶ ). میزان همی‌سلولز از متغیرهای کاهنده کیفیت علوفه می‌باشند. کاهش در مقدار این صفات باعث بهبود کیفیت علوفه خواهد شد و از این نظر مصرف کود

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

مطلوب‌تر به نظر می‌آید (Arzani *et al*., 2013). Poshtdar و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد باعث کاهش میزان درصد دیواره سلولی نسبت به کود شیمیایی شاهد بود که این بدان معنی است که علوفه تولید شده توسط باکتری‌های محرک رشد دارای کیفیت بالاتری است. گزارش شده است که باکتری آزوسپیریلیوم در گیاه علف گینه باعث کاهش میزان همی‌سلولز و درصد دیواره سلولی نسبت به شاهد شده است (Mishra *et al.,* 2008). Rashad و همکاران (۲۰۲۳) مشخص کردند کود شیمیایی باعث افزایش میزان همی‌سلولز و درصد دیواره سلولی شد که احتمالاً کاهش میزان همی‌سلولز و درصد دیواره سلولی در سورگوم به دلیل افزایش ترکیبات غیرساختاری در بافت گیاهی می‌باشد. همچنین می‌توان گفت، قارچ مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد بر میزان جذب عناصر کم مصرف تاثیرگذار در دیواره سلولی مانند کلسیم، منگنز، آهن و هورمون‌های تاثیرگذار در این بافت‌ها را افزایش داده و باعث کاهش ترکیبات ساختاری نسبت به ترکیبات غیرساختاری می شوند (Altuntaş and Kutsal 2018). تحقیقات بر روی گیاهان علوفه‌ای یک ساله تابستانه نشان داد، که ماده خشک قابل هضم، همبستگی منفی با درصد پروتئین خام، درصد فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر دارد. همچنین نشان دادند که عوامل محیطی مانند دما، تنش رطوبتی، سایه، بافت خاک و غیره بر قابلیت هضم تاثیر دارند. عنوان شده است که در سورگوم علوفه‌ای، قابلیت هضم علوفه خشک تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Ortega-Ochoa, 2005). شاخص ارزش غذایی نسبی نیز علاوه بر اثرات اصلی و اثرات دوگانه، تحت تاثیر اثرات سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا قرار گرفت (جدول ۵). اثرات متقابل سه‌گانه نظام زراعی در رقم در مایکوریزا در مورد این شاخص نیز مشخص نمود، نظام زراعی پرنهاده موجب افزایش این شاخص شد و تلقیح در شرایط نظام زراعی کم نهاده تاثیر مثبت و در شرایط نظام زراعی پرنهاده و اکولوژیک موجب کاهش این شاخص در ارقام مورد مطالعه شد. با توجه به نتایج، در رقم منصور، بالاترین شاخص ارزش غذایی نسبی(۹۱/۸ درصد) از نظام زراعی کم نهاده در شرایط تلقیح بدست آمد این در حالی است که در رقم اسپیدفید (۱۳۲/۲ درصد)، پگاه (۱۱۶/۰ درصد) و پژیال(۱۰۴/۱ درصد) بالاترین شاخص ارزش غذایی نسبی از نظام زراعی اکولوژیک نهاده در شرایط عدم تلقیح بدست آمد (جدول ۶). شاخص کیفیت نسبی علوفه نسبت به شاخص‌های ارزش نسبی علوفه، معیار دقیق‌تری برای پیش‌بینی تولیدات دامی می‌باشد و در مطالعه Berumen و همکاران (۲۰۱۷) نیز برتری این شاخص به اثبات رسید. مطالعه Singh و همکاران (۲۰۱۸) بیان شد که دامنه تغییرات شاخص‌های ارزش نسبی علوفه بین ۷۵ تا ۱۰۴ بود که مطابقت بیشتری با نتایج پژوهش حاضر دارد. علوفه‌ای که حاوی ۴۱ درصد فیبرنامحلول در شوینده اسیدی و ۵۳ درصد فیبر نامحلول در شوینده خنثی است، شاخص‌های ارزش نسبی علوفه معادل با ۱۰۰ درصد دارد و تفاوت مقادیر شاخص‌های ارزش نسبی علوفه با محتوای میزان همی‌سلولز و درصد دیواره سلولی ارقام سورگوم مرتبط می‌باشد (Jahanzad *et al.,* 2013). بنابراین

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب کاهش میزان درصد دیواره سلولی نسبت به کود شیمیایی شد (Poshtdar *et al.*, 2012). همچنین Rashad و همکاران (۲۰۲۳) افزایش میزان همی‌سلولز و درصد دیواره سلولی در اثر کود شیمیایی مشاهده کردند. کاهش میزان این صفات در سورگوم به دلیل افزایش ترکیبات غیرساختاری در بافت گیاهی می‌باشد (Altuntaş and Kutsal, 2018). غلامی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه خود گزارش کردند، کیفیت نسبی علوفه در کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ۱۰۴/۵ ژنوتیپ‌های داخلی ۱۰۱/۲ و ژنوتیپ‌های خارجی ۱۰۶/۲ درصد بود. در بین ژنوتیپ‌های خارجی ارقام پی اچ اف اس۲۷، پی اف اس ۲۱ و سیلوکینگ با کیفیت نسبی علوفه به ترتیب برابر با، ۱۲۰/۸، ۱۱۵/۸ و ۱۱۲/۶ درصد، بیشترین میزان شاخص کیفیت نسبی علوفه را داشتند درحالی که بالاترین میزان این شاخص در بین ژنوتیپ‌های داخلی توسط رقم پگاه درصد حاصل شد. Holman و همکاران (۲۰۱۸) نیز در مطالعه ارقام سورگوم و سورگوم- سودانگراس گزارش کردند که دامنه تغییرات شاخص کیفیت نسبی علوفه در این ژنوتیپ‌ها بین ۹۹/۴ تا ۱۱۵/۷ درصد بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد، میزان عملکرد تر و خشک علوفه‌ای سورگوم و خصوصیات رشدی این گیاه تحت تاثیر نظام زراعی، مایکوریزا و رقم قرار گرفته و نظام زراعی پرنهاد بدون مایکوریزا یا نظام زراعی متوسط نهاده و اکولوژیکی به همراه مایکوریزا بالاترین تاثیر را بر این صفات داشته است. در بین ارقام مورد بررسی رقم اسپیدفید مناسب‌ترین رقم از این نظر بوده است. همچنین نتایج نشان داد، کیفیت علوفه سورگوم نیز تحت تاثیر نظام زراعی، رقم و مایکوریزا قرار گرفت. نظام زراعی پر نهاده به همراه مایکوریزا موجب کاهش میزان فیبر و افزایش خاکستر، پروتئین، قابلیت هضم و کاهش میزان همی سلولز و دیواره سلولی و در نهایت افزایش شاخص کیفیت نسبی علوفه نسبت به شاخص‌های ارزش نسبی علوفه شد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که نظام زراعی اکولوژیک به‌همراه مایکوریزا با داشتن عملکرد و کیفیت علوفه قابل‌قبول می‌تواند نظام زراعی مناسبی جهت تولید پایدار سورگوم علوفه‌ای باشد.

## منابع

**باقری ده آبادی، محسن ، مقدم، حسین ، چایچی، محمد رضا و زیلوئی، نسرین . (۱۳۹۶).** بررسی میکوریزا و محلول‌پاشی آهن و روی بر صفات کمّی و کیفی سورگوم علوفه‌ای. به زراعی کشاورزی, ۱۹(۳), ۷۹۹-۸۱۵. doi: 10.22059/jci.2017.60466

**بخشنده، اسماعیل، سلطانی، افشین، و غدیریان، رحمن. (۱۳۹۰).** گزارش کوتاه علمی: اندازه گیری شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه AccuPAR در گندم. پژوهش های تولید گیاهی (علوم کشاورزی و منابع طبیعی)،

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

SID. https://sid.ir/paper/155843/fa .۱۰۱-۹۷ ،(۴)۱۸

**حقانی نیا محمد، جوانمرد عبدالله، ملاعلی عباسیان سارا.** (۱۳۹۸). اثر قارچ مایکوریزا آرباسکولار بر کیفیت علوفه در کشت مخلوط جو و خلر. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ; ۹ (۴) :۶۴-۴۷ URL: -fa.html۱-۲۸۱۲http://jcpp.iut.ac.ir/article-

**حمزه یی، جواد و صادقی، فرشید . (۱۳۹۲).** تأثیرات هم‌زیستی مایکوریزا بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای تحت شرایط دورهای مختلف آبیاری. به زراعی کشاورزی, ۱۵(۴), ۱۵۱-۱۶۳. doi: 10.22059/jci.2013.51373

**حیدرزاده، سعید، حسن‌زاده‌قورت‌تپه، علی و رحیمی، ارش. ( ۱۴۰۰).** بررسی تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و کیفی علوفه عدس (Lens culinaris Medik.) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی. پژوهش‌های حبوبات ایران. ۱۲(۲):۱۹۸-۱۳۸.

**راعی، یعقوب ، جورئت، معصومه، مقدم، حسین ، چایی چی، محمدرضا و ویسانی، وریا . (۱۳۹۲).** تأثیر تراکم بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم سورگوم علوفه ای در شرایط محدودیت آب. دانش کشاورزی وتولید پایدار, ۲۳(۴.۱), ۵۱-۶۵.

**رنجبر، محمد حسین، قرخلو، جواد، و سلطانی، احمد. (۱۳۹۶).** اثر نظام‌های مختلف خاک‌ورزی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. ۱۵(۲): ۲۸۵-۲۶۷.

**غلامی، حسین ، خزایی، عظیم، گل زردی، فرید و امیرصادقی، مهدی. (۱۴۰۱).** ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در ارقام، لاین‌ها و هیبریدهای داخلی و خارجی سورگوم علوفه‌ای[Sorghum bicolor (L.) Moench] . پژوهش های علوم دامی, ۱۵۶-۱۳۳ ,(۴)۳۲ 10.22034/as.2021.13882.

**مارزی زاده، اصغر ، بلندنظر، صاحبعلی، حاجیلو، جعفر و لطف الهی، علی . (۱۴۰۰).** اثر دو پایه تجاری و تلقیح با دو گونه قارچ میکوریز بر جذب برخی عناصر و صفات کیفی خیار گلخانه‌ای. دانش کشاورزی وتولید پایدار, ۳۱(۱), ۱۴۵-۱۶۱. doi: 10.22034/saps.2021.12793.

**Adnan, M., Fahad, S., Zamin, M., Shah, S., Mian, I.A., Danish, S and Datta, R. 2020.** Coupling phosphate-solubilizing bacteria with phosphorus supplements improves maize phosphorus acquisition and growth under lime-induced salinity stress. *Plants,* 9(7): 900. Doi.org/10.3390/plants9070900.

**Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M. and Modarres Sanavy, S.A.M. 2010.** Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality, and nutrient uptake of Medicago scutellata, cv. Robinson. *Journal of Science and Agriculture,* 4(4): 43-54.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

**Afzal, A. and Bano, A. 2008.** Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum*). *International Journal Agriculture Biology*, 10(1): 85-88.

**Aghighi Shahverdi, M., Amini Dahaghi, M., Ataei Somagh, H. and Mamivand, B. 2019.** The effect of different nutritional systems with nitrogen and phosphorous fertilizers on quantitative and qualitative traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Plant Productions*, 41(4): 1-14. Doi.org/10.22 055/ppd. 2018.22330.1479.

**Almodares, A, Jafarinia, M and Hadi, MR. 2009.** The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 6(4):441-446.

**Altuntaş, O. and Kutsal, I.K. 2018.** Use of some bacteria and mycorrhizae as biofertilizers in vegetable growing and beneficial effects in salinity and drought stress conditions. Physical methods for stimulation of plant and mushroom development, 65. Dx, doi.org/10.5772/intechopen.76186.

**Amiri, Z., Asgharipour, M.R., Campbell, D.E., and Armin, M. 2019.** A sustainability analysis of two rapeseed farming ecosystems in Khorramabad, Iran, based on emerging and economic analyses. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1051–1066. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019. 04.163

**Arzani, H., Yari, R., Ghasemi Aryan, Y. and Khatir Nameni, J. 2013**. Forage quality of important range species in Pashaylogh-e-Maravetapeh rangeland ecosystem in Golestan province. *Journal of Plant Ecosystem Conservation*, *1*(1): 87-103. http://pec.gonbad.ac.ir/article-1-44-en.html.

**Baghdadi, A., Paknejad, F, Golzardi, F, Hashemi, M. and Ilkaee, M.N. 2021.** Suitability and benefits from intercropped sorghum–amaranth under partial root-zone irrigation. Journal of the Science of Food and Agriculture 101. https://doi.org/10.1002/jsfa.11244.

**Berbec, A.K., Staniak, M., Feledyn-Szewczyk, B., Kocira, A. and Stalenga, J. 2020.** Organic but also low-input conventional farming systems support a high biodiversity of weed species in winter cereals. *Agriculture*, 10(9): 413. DOI: 10.3390/agriculture10090413.

**Berumen, C.A.N., Serna, R.R., Ocampo, R.J., Carreon, F.O.C, Martinez, P.A.D and Ortiz, M.M. 2017.** Yield and nutritional value of three sweet sorghum varieties grown at four environments in Durango. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias,* 8(2): 147-155. Doi.org/10.223 19/rmcp.v8i2.4426.

**Bhantana, P., Rana, M.S., Sun, X.C., Moussa, M.G., Saleem, M.H., Syaifudin, M., and Hu, C.X. 2021.** Arbuscular mycorrhizal fungi and its major role in plant growth, zinc nutrition, phosphorous regulation, and phytoremediation. *Symbiosis*, 84: 19-37. doi.org/10.1007/s13199-021-00756-6.

**Billah, M., Khan, M., Bano, A., Hassan, T.U., Munir, A. and Gurmani, A.R. 2019.** Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture. *Geomicrobiology Journal*, 36 (10): 904 -916. doi.org /10.1080/01490451. 2019. 1654043

**Cazzato, E., Laudadio, V. and Tufarelli, V. 2012.** Effects of harvest period, nitrogen fertilization, and mycorrhizal fungus inoculation on triticale (*Triticosecale Wittmack*) forage yield and quality. *Renewable Agriculture and Food Systems* 27(4): 278-286. Doi.org/10.1017/S17421705 11000482.

**Chand, S., Indu, Singhal, R.K. and Govindasamy, P. 2022.** Agronomical and breeding approaches to improve the nutritional status of forage crops for better livestock productivity. *Grass and Forage Science*, 77(1): 11-32. doi.org/10.1111/gfs.12557.

**Chaudhary, P., Singh, S., Chaudhary, A., Sharma, A. and Kumar, G. 2022.** Overview of

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

biofertilizers in crop production and stress management for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 13: 930340. doi.org/10.3389/fpls. 2022.930340.

**Coleman, S.E. and Moore, J.E. 2003.** Feed quality and animal performance. *Field Crops Research*, 84: 17- 29. doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00138-2.

**Colomb, B., Kinivy, J.R. and Debaeke, P. 2000.** Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. *Agronomy Journal*, 92(3): 428-435. doi.org/10.2134/agronj2000.923428x.

**Copetta, A., Lingua, G. and Berta, G. 2006.** Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza,* 16: 485 -494. doi.org/10.1007/s00572-006-0065-6.

**Douds, D.D., Janke, R.R. and Peters, S.E. 1993.** VAM fungus spore populations and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 43: 325-335.

**Ehteshami, S., Hakimian, F., Yousefie Rad, M., and Chaichi, M. 2014.** Effect of the integration in phosphate fertilizer different levels and phosphate solubilizing bacteria on forage quantitative and qualitative of two barley cultivars. *Applied Field Crops Research*, 27(102): 141-150. doi: 10.22092/aj.2014.100950.

**Farid, I., Abbas, M. H., El-Ghozoli, A. 2023.** Increasing Wheat Production in Arid Soils: Integrated Management of chemical, Organic-and Bio P and K-inputs. *Environment Biodiversity and Soil Security*, 7. https://dx.doi.org/10.21608/jenvbs.2023.221177.1223

**Foo, E., Ross, J.J., Jones, W.T., and Reid, J.B. 2013.** Plant hormones in arbuscular mycorrhizal symbioses: an emerging role for gibberellins. *Annals of Botany*, 111(5):769-779. Doi.org/10.1093/aob/mct041.

**Gollnera, M.J., Puschelb, D., Rydlovab, J., Jana, D. and Vosatka, M. 2006.** Effect of inoculation with soil yeasts on mycorrhizal symbiosis of maize. Pedobiologia, 50: 341-345.

**Habyarimana, E., Lopez-Cruz, M. and Baloch, F.S. 2020.** Genomic selection for optimum index with dry biomass yield, dry mass fraction of fresh material, and plant height in biomass sorghum. *Genes*, 11(1): 61. doi.org/10.3390/genes11010061.

**Hasan, M. M., Alharby, H. F., Hajar, A. S., Hakeem, K. R. and Alzahrani, Y. 2019.** The effect of magnetized water on the growth and physiological conditions of Moringa species under drought stress. *Polish Journal Environmental Studies*. 28(3):1145–1155. DOI: 10.15244/pjoes/858 79.

**Holman, J.D., Obour, A., Roberts, T. and Maxwell, S. 2018.** Forage type and maturity effects on yield and nutritive value. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports* 4(8): 1-4. doi.org/10.4148/2378-5977.7636

**Jafari, A. A., Connolly, V., Frolich, A. and Walsh, E.K. 2003.** A note on estimation of quality in perennial Ryegrass by Near Infrared Spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 42: 293-299. https://www.jstor.org/stable/25562497

**Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M.R. and Dashtaki, M. 2013.** Response of a new and commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management* 117:62-69. Doi.org/10.1016/j.agwat.2012.11.001

**Kamaei, S., Fateh, E., and Veisi, H. 2022.** Effect of different agronomic managements on quantitative and qualitative yield of wheat cultivars. DOI: 10.22069/ejcp.2022.18935.2414.

**Kaur, L., Rattan, P., Reddy, A.H., and Sharma, A. 2023.** Effect of organic manures and bio-fertilizers on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 12(7): 1249-1254.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

**Keshavarz Afshar, R., Chaichi, M.R., and Moghadam, H. 2012.** Irrigation, Phosphorus Fertilizer and Phosphorus Solubilizing Microorganism Effects on Yield and Forage Quality of Turnip (*Brassica rapa* L.) in an Arid Region of Iranian. *Agricore Research* 1: 370–378. https://doi.org/10.1007/s40003-012-0039.

**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. doi.org/10.1016/j.eja.2011.02.007.

**Mishra, S., Sharma, S. and Vasudevan, P. 2008.** Comparative effect of biofertilizers on fodder production and quality in guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88:1667-1673. doi.org/10.1002/jsfa.3267.

**Mitra, D., Djebaili, R., Pellegrini, M., Mahakur, B., Sarker, A., Chaudhary, P., and Mohapatra, P.K.D. 2021.** Arbuscular mycorrhizal symbiosis: plant growth improvement and induction of resistance under stressful conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 44(13): 1993-2028.

**Mohammadi, G., Safari-Poor, M., Eghbal Ghobadi, M. and Najaphy, A. 2015.** The effect of green manure and nitrogen fertilizer on corn yield and growth indices. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(2): 105-124.

**Moore, J.E. and Undersander, D.J., 2002.** Relative Forage Quality: An alternative to relative feed value and quality index. Florida Ruminant Nutrition Symposium, *Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*. pp 16-32

**Niderkorn, V. and Baumont, R. 2009.** Associative effects between forages on feed intake and digestion in ruminants. *Animal*, 3(7): 951-960.

**Ortas, I. and Bilgili, G. 2022.** Mycorrhizal species selectivity of sweet sorghum genotypes and their effect on nutrient uptake. *Acta Agriculture Scandinavica, Section B Soil & Plant Science*, 72(1):733-743. doi.org/10.1080/09064710.2022.2063167.

**Ortega-Ochoa, C. 2005.** Effect of levels of irrigation on forage standing crop and quality of WW-B. Dahl (Bothriochloa bladhii) pasture under summer grazing. *Electronic Theses and Dissertation*s. http://hdl.handle.net/2346/1014.

**Patel, V.I., Saravaita, S.N., Arvadia, M.K., Chaudhari, J.H., Ahir, M.P. and Bhalerao, R.E. 2010.** Effects of conjunctive use of bio-organic and inorganic fertilizers on growth, yield, and economics of Rabi Fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) under south Gujarat conditions. *International Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 178-181.

**Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D. and Seidel, R. 2005.** Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *Bioscience*, 55: 573-582.

**Poshtdar, A, Siadat, S.A., Abdali mashhadi, A., Mosavi, S.A. and Hamdi, H. 2012.** Comparison between application of PGPR bacteria and chemical fertilizers on quality and total silage yield of Maize under different organic seed beds. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 11:713-717.

**Rashad, H.M., Mahmoud, A.W.M., Alsamadany, H., Alzahrani, Y., Seleem, E.A. and Ibrahim, H.M.S. 2023.** Evaluation of nano-nitrogen fertilizers and other nitrogen sources on the performance of Guinea grass plants grown in newly reclaimed soil under water deficiency. *Plant Stress*, 10:100282. doi.org/10.1016/j.stress.2023.100282.

**Rezvani, M., Afshang, B., Gholizadeh, A. and Zaefarian, F. 2011.** Evaluation of mycorrhizal fungus and phosphate rock effectiveness on growth and uptake of phosphorus in soybean (*Glycine max Merr*). *Journal of Soil Management and Sustainable Production* 1(2): 97-118.

**Saeidnezhad, A.H., Rezvani moghadam, P., Khazaei, H.R., and Nassiri mahallati, M. 2012.**

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

Effect of organic materials, fertilizers, biological and chemical fertilizer on digestibility and protein Forage sorghum specific varieties. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(4):623-630.

**Shuaibu, Y.M., Bala, R.A., Kawure, S. and Shuaibu, Z. 2018.** Effect of organic and inorganic fertilizer on the growth and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Bauchi state, Nigeria. GSC *Biological and Pharmaceutical Sciences*, 2(1): 025-03.
DOI: **Error! Hyperlink reference not valid.**

**Silva, L.I.D, Pereira, M.C., Carvalho, A.M.X.D., Buttrós, V.H., Pasqual, M, Dória, J. 2023.** Phosphorus-solubilizing microorganisms: *a key to sustainable agriculture. Agriculture*, 13(2), 462. https://doi.org/10.3390 /agriculture13020462

**Singh, S., Bhat, B.V., Shukla, G.P., Singh, K.K. and Gehrana, D., 2018.** Variation in carbohydrate and protein fractions, energy, digestibility, and mineral concentrations in stover of sorghum cultivars. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 6(1): 42-52.
DOI: 10.17138/TGFT (6)42-52.

**Valentine, A.J., Mortimer, P.E., Lintnaar, A and Borgo, R. 2006.** Drought responses of arbuscular mycorrhuza grapevines. *Symbiosis*. 41(3): 127- 133.

**Wu, Q.S. and Xia, R.X. 2006**. Arbuscolar mycorrhizal fungi influence the growth, osmotic adjustment, and photosynthesis of citrus under well-watered and water-stress conditions. *Journal Plant Physiology*. 163: 417 -425. doi.org/10.1016/j.jplph.2005.04.024.

**Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H. and Esmaili, M.A. 2009.** Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). Proceedings of World Academy of Sciences, *Engineering and Technology* pp. 2070-3740.

**Zhang, B., Zhang, H., Lu, D., Cheng, L. and Li, J. 2023.** Effects of biofertilizers on the growth, leaf physiological indices and chlorophyll fluorescence response of spinach seedlings. *Plos One*, 18(12): e0294349.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]

# The study of the impact of different agricultural systems on the quantitative and qualitative traits of various forage sorghum cultivars (*Sorghum bicolor Moench* (L))

A. Bahari[1], A. Khodaei Jouqan*[2], A. Zareh[3], M. H. Gharineh[4] and M. Chenari[5].

1, 2, 3 & 4) Educational Group of Production and Plant Genetics Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources Khuzestan, Mollasani, Iran.

5) Researcher at Shahid Beheshti Cultivation and Industry Company, Dezful, Iran.

*** Corresponding Author: a.khodaei@asnrukh.ac.ir**

**Received date: 2025.04.15** **Accepted date: 2025.07.21**

## Abstract

**An experiment using a split-plot factorial design within a completely randomized block design with three replications was conducted during the 2022-2023 growing season to examine the effects of various agricultural systems on the quantitative and qualitative characteristics of sorghum cultivars. The experimental treatments included four agricultural systems (high-input (conventional), medium-input, low-input, and ecological) in the main plots, along with four forage sorghum cultivars (Mansour, Speedfeed, Pegah, and Pajial) and two levels of mycorrhiza (inoculated and non-inoculated) in the subplots. The results showed that in the high-input agricultural system with inoculation, the Pajial cultivar exhibited the highest leaf area index (9). The highest plant height and stem diameter in the Speedfeed and Pajial cultivars were also achieved in the high-input agricultural system with mycorrhiza, while the medium-input agricultural system performed better for the Pegah and Mansour cultivars. The results further indicated that the highest fresh forage weight was obtained from the high-input agricultural system without inoculation, with fresh forage yields for the Mansour and Speedfeed cultivars increased by 44% and 47% and for the Pegah and Pajial cultivars by 45% and 38% compared to the low-input agricultural system. The highest yield (9475 kg/ha) corresponded to the Speedfeed cultivar in the high-input agricultural system with mycorrhiza inoculation. Additionally, the high-input agricultural system led to a reduction in forage fiber, with the highest percentage of crude fiber observed in the low-input agricultural system, whereas the medium and high-input systems had the least fiber content. Overall, it was determined that the ecological agricultural system, combined with mycorrhiza, not only improves the quality of sorghum forage but can also achieve a satisfactory yield. Additionally, it plays a significant role in the sustainable production of sorghum, particularly in the Speedfeed cultivar.**

**Key words:** Protein, Fiber, Leaf Area Index and Forage Yield.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-25 ]