نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال نهم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۸

اثر قارچ مایکوریزا آرباسکولار بر کیفیت علوفه در کشت مخلوط جو و خلر

محمد حقانی‌نیا[۱]، عبدالله جوانمرد[۲*]، مجتبی نورآئین[۳] و سارا ملاعلی عباسیان[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۵)

چکیده

به‌منظور ارزیابی کیفیت علوفه در کشت مخلوط جو و خلر با کاربرد قارچ *Glomus intraradices*، آزمایشی به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارها شامل الگوهای مختلف کشت (کشت خالص جو، کشت خالص خلر، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو، ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو و ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو) در حالت تلقیح و عدم تلقیح با قارچ بودند. نتایج نشان داد بیشترین میزان کربوهیدرات محلول در آب (WSC) و فیبرخام (CF) علوفه در الگوهای کشت خالص جو تلقیح‌شده، خالص جو تلقیح‌نشده و الگوی ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو تلقیح‌نشده به‌دست آمد. همچنین بالاترین میزان دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) و دیواره سلولی (NDF) به کشت‌های خالص جو تلقیح‌نشده و جو تلقیح‌شده تعلق داشت. اما کمترین میزان ADF و NDF به کشت‌های خالص خلر تلقیح‌شده و خلر تلقیح‌نشده مربوط بود. بنابراین بالاترین میزان ماده خشک مصرفی (DMI)، کل ماده مغذی قابل هضم (TDN)، قابلیت هضم ماده خشک (DDM)، انرژی ویژه شیردهی (NEL) و ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV) در کشت خالص خلر تلقیح‌شده به‌دست آمد. علاوه‌بر این، تلقیح با قارچ مایکوریزا کیفیت علوفه را از طریق کاهش NDF و ADF و افزایش DMI، TDN، NEL، DDM و RFV بهبود بخشید. به‌طور کلی، بر اساس شاخص‌های کیفی، علوفه حاصل از کشت خالص خلر تلقیح‌شده با قارچ به‌عنوان علوفه ممتاز (Prime) در نظر گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه شیردهی، کشاورزی پایدار، کربوهیدرات محلول در آب، دیواره سلولی، ماده خشک مصرفی

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۴. استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: A.javanmard@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

مقدمه

سیستم‌های کشاورزی مرسوم با بالا بردن راندمان تولید در واحد سطح توانسته‌اند تا حدی نیازهای جمعیت رو به رشد را تأمین کنند، ولی این سیستم‌ها به هزینه و انرژی فراوان نیاز دارند. از نظر بوم‌شناختی، کشت خالص مشکلاتی از قبیل استفاده بیش از حد از منابع انرژی، آلودگی آب و خاک، فرسایش شدید خاک و از بین رفتن سریع منابع طبیعی را به‌وجود آورده است (۱۰، ۱۱ و ۳۸). بر همین اساس، پژوهشگران سعی دارند تا با اجرای سامانه‌های برخوردار از پایداری و عملکرد بالا، امنیت غذایی را تأمین کنند (۸، ۱۳، ۱۶، ۲۰ و ۳۱). با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت در ایران، سیستم کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار در جهت اهداف مذکور دارای اهمیت ویژه است (۲، ۱۰ و ۱۶). در بسیاری از مناطق دنیا پذیرفته‌شدن کشت مخلوط به‌عنوان جزیی از مدیریت پایدار اکوسیستم‌های زراعی، ثابت کرده است که این نوع کشت می‌تواند مزایای مشخصی را برحسب درجه تنوع در زمان و مکان داشته باشد (۲۰، ۲۱ و ۲۳). از دلایل اصلی که کشاورزان کشت مخلوط را بر کشت خالص ترجیح می‌دهند این است که در اغلب موارد تولید بیشتری از کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از همان مقدار زمین به‌دست می‌آید (۳۷). مونتای و همکاران (۲۳) کشت مخلوط را یک روش اقتصادی برای حفظ و افزایش حاصلخیزی خاک و پایداری تولید با نهاده‌های خارجی کمتر می‌دانند. از طرفی غلات علوفه‌ای دارای ماده خشک بالایی هستند درحالی که بقولات علوفه‌ای دارای پروتئین، کاروتن، کلسیم و منیزیم بیشتری هستند. چنانچه این دو گروه از گیاهان با هم مخلوط شوند، علوفه حاصل دارای ترکیب متعادل‌تری خواهد شد که این امر نقش مهمی در افزایش فراورده‌های دامی ایفا می‌کند (۱۷ و ۱۹). پروتئین نسبتاً پایین علوفه غلات و نیاز دام به غذای مکمل و باارزش، اهمیت کشت مخلوط غلات و بقولات را در تأمین پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌های کافی نسبت به کشت خالص آنها را نشان می‌دهد (۲۹، ۳۱ و ۳۴). در پژوهشی بیشترین میزان قندهای محلول علوفه (۱۵/۴۲درصد)، فیبر خام (۳۸/۴۰ درصد) در کشت خالص جو و بیشترین درصد دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز (۳۰/۸۸ درصد) در کشت خالص یونجه مشاهده شد (۸). همچنین صادق‌پور و همکاران (۳۱) در بررسی جو و یونجه گزارش کردند که مخلوط این گیاهان سبب افزایش کمّی و کیفی علوفه شد. در مطالعه پور ابراهیمی و همکاران (۲۸) بیشترین میزان قابلیت هضم ماده خشک (۷۷/۳۷ درصد) و پروتئین خام (۱۲/۶۱ درصد) مربوط به تیمار ترکیبی قارچ *Glomus esculentum* و باکتری *Pseudomonas fluorescence* بود. درحالی که بیشترین میزان فیبر در تیمار شاهد (۵۴/۴۱ درصد) و کمترین میزان در تیمار ترکیبی قارچ و باکتری (۳۴/۳۸ درصد) به‌دست آمد. همچنین در پژوهشی، لایتورگایدیس و همکاران (۲۱) گزارش کردند که ویژگی‌های کیفی علوفه از قبیل میزان لیگنین، محتویات دیواره سلولی (Neutral detergent fiber)، کل ماده مغذی قابل هضم (Total digestible nutrient)، پروتئین خام (Crude protein) و به‌میزان خیلی کم دیواره سلولی منهای همی‌سلولز (Acid detergent fiber)، قابلیت هضم ماده خشک (Digestible dry matter)، ماده خشک مصرفی (Digestible dry matter intake) و ارزش نسبی تغذیه‌ای (Relative feed value) تحت تأثیر کشت مخلوط قرار می‌گیرند.

وقتی که علوفه با یک محلول شوینده خنثی حرارت داده می‌شود، محتوی درونی سلول حل شده و دیواره سلولی (NDF) باقی می‌ماند. بنابراین، NDF به‌عنوان شاخصی برای تخمین میزان غلظت دیواره سلولی به‌کار می‌رود که با قابلیت هضم رابطه منفی دارد. همچنین NDF به‌عنوان معیار شکم پرکن دام، به‌منظور پیش‌بینی مصرف اختیاری علوفه توسط دام استفاده می‌شود. به عبارت دیگر NDF نشان‌دهنده پتانسیل مصرف علوفه توسط دام است. به‌طوری که با افزایش درصد NDF، به‌دلیل افزایش میزان سیرکنندگی، مصرف علوفه توسط دام کاهش می‌یابد (۸). همچنین ADF عبارت از فیبر گیاهی باقیمانده بعد از حل شدن دیواره سلولی و قسمت‌های قابل

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

هضم دیواره سلولی در یک اسید پاک‌کننده است. از آنجایی که ADF رابطه منفی با قابلیت هضم علوفه دارد. بنابراین، به‌عنوان شاخص هضم‌پذیری علوفه استفاده می‌شود، چرا که ADF شامل سلولز و لیگنین است و با افزایش لیگنین، هضم‌پذیری آن کاهش می‌یابد (۱۷). تفاوت NDF و ADF تخمینی از میزان همی‌سلولز علوفه را نشان می‌دهد. الیاف خام (Crude fiber) هم شامل همی‌سلولز، سلولز و لیگنین است که در دیواره سلولی قرار دارند و کربوهیدرات‌های ساختمانی را تشکیل می‌دهند، این مواد انرژی‌زا هستند (۲۱). علاوه‌بر این، پروتئین‌ها ترکیبات آلی متشکل از آمینواسیدها است که اجزای مهم تشکیل‌دهنده ارگان‌های حیاتی و آنزیم‌ها محسوب می‌شوند. به‌طوری که، پروتئین برای رشد و تولید شیر دام ضروری و برای باکتری‌های شکمبه که علوفه حیوانات نشخوارکننده را هضم می‌کنند، ضرورت دارد. طبق معمول، پروتئین مورد نیاز دام به صورت پروتئین خام (CP) بیان می‌شود و به دلیل همبستگی مثبت با کیفیت علوفه، از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی علوفه به‌حساب می‌آید (۱۲ و ۳۴). قابلیت هضم ماده خشک (DDM) نیز به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های کیفی علوفه، به‌صورت نسبتی از علوفه که از راه مدفوع دام دفع‌نشده و توسط دام جذب می‌شود، تعریف می‌شود. از هضم‌پذیری اغلب به‌عنوان ارزشمندترین سنجش کیفیت علوفه نام برده می‌شود، زیرا ارتباط نزدیکی با عملکرد دام دارد (۴). همچنین کربوهیدرات‌های محلول در آب (WSC) که بخش عمده‌ای از کربوهیدرات‌های غیرساختمانی را تشکیل می‌دهند، یکی از مهم‌ترین اجزای تعیین‌کننده کیفیت علوفه هستند که وظیفه آنها تأمین انرژی برای میکروارگانیسم‌های شکمبه و حفظ سلامت دستگاه گوارشی دام است (۲۱).

کودهای زیستی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (۳). میکوریزا از مهم‌ترین موجودات همزیست با گیاهان هستند که به یک راسته مونوفیلتیک (Monophyletic Phylum) به نام گلومرومایکوتا (*Glomeromycota*) تعلق دارند و تقریباً در تمام اکوسیستم‌های خشکی حضور دارند. میکوریزاها همزیست‌های اجباری هستند و با ۷۰ تا ۹۰ درصد گونه‌های گیاهی کره زمین همزیستی نشان می‌دهند و کربن مورد نیاز برای تکمیل چرخه زندگی‌شان را از گیاه میزبان به‌دست می‌آورند (۳۹). میکوریزا به‌عنوان یکی از کودهای زیستی به‌ویژه در خاک‌های فاقد هوموس و فقیر از نظر فسفر، نیتروژن و سایر عناصر غذایی، نقش مهمی در تغذیه گیاهان ایفا می‌کنند، به طوری که این قارچ‌ها می‌توانند با تولید ترکیبات محرک رشد گیاه و گسترش کلونیزاسیون و رشد هیف‌های آن، جذب فسفر و سایر عناصر غذایی را توسط ریشه‌های گیاه میزبان افزایش دهند، در این صورت می‌توان انتظار افزایش عملکرد گیاه را نیز داشت (۲۷، ۳۳ و ۳۶). جهان و همکاران (۱۵) اثر کاربرد همزمان مایکوریزا (*Glomus intraradices*) و باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن (*Azospirillum brasilenes* و *Azotobacter paspali*) را در نظام‌های رایج و اکولوژیک بررسی و گزارش کردند که بیشترین سرعت فتوسنتز و شاخص کلروفیل ذرت (*Zea mays* L.) در تلقیح همزمان میکوریزا و باکتری به‌دست آمد. شاه‌حسینی و همکاران (۳۲) نیز گزارش کردند که قارچ‌های مایکوریزا عملکرد کمّی و کیفی ذرت را افزایش دادند. آنها اظهار داشتند که قارچ‌های مایکوریزا سطح جذبی ریشه‌ها را افزایش و در نتیجه منجر به بهبود جذب مواد غذایی مخصوصاً تحت شرایط کمبود فسفر شده است و ظرفیت فتوسنتزی گیاه را افزایش می‌دهند. همچنین در گیاه نخود با تلقیح گلوموس موسه (*Glomus mossae*) جذب فسفر، تعداد گره‌ها، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و فعالیت نیتروژناز افزایش یافت (۹). بومسما و وین (۵) بیان داشتند که رابطه همزیستی میکوریزی و ریشه گیاه ذرت به‌میزان قابل توجهی به رشد و تغذیه گیاه کمک می‌کند و باعث افزایش عملکرد علوفه ذرت می‌شود. آنان علت این امر را به‌دلیل افزایش غلظت آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز گیاه که منجر به ساخته شدن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

مـواد فتوسـنتزی بیشـتری مـی‌شـود، نسـبت دادنـد. مهـرورز و چایی‌چی (۲۲) بیان داشتند که بیشترین میزان قابلیت هضم ماده خشک (DDM) و پروتئین خام (CP) گیاه جو، در تیمار تلقـیح قارچ و باکتری سودوموناس سویه ۴۱ بـه‌دسـت آمـد. همچنـین آنها گزارش کردند که قارچ‌ها و باکتری‌های حل‌کننـده فسـفات تأثیر مثبتی در کاهش میزان ADF علوفه دارند، کـه علـت آن را اثرات سینرژیستی بین قارچ و باکتری دانستند.

با وجود پـژوهش‌هـای گسـترده‌ای کـه در مـورد کودهـای بیولوژیک بر گیاهان مختلف انجام شـده، اطلاعـات موجـود در مورد اثر قارچ مایکوریزا بر گیاهان علوفه‌ای در کشـت مخلـوط اندک است، لذا با توجه به مصرف بـی‌رویـه کـود شـیمیایی در کشاورزی مرسوم، همچنین نظر به اهمیت تأمین علوفه به‌منظور براورده کردن نیاز پروتئینی جمعیـت رو بـه رشـد کشـور، ایـن پژوهش با هدف بررسی اثرات قارچ مایکوریزا بر برخی صفات کیفی علوفه حاصل از کشت مخلوط جو و خلر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت طـرح بلـوک‌هـای کامل تصادفی بـا ۱۰ تیمـار و سـه تکـرار در مزرعـه تحقیقـاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریـا ۱۴۷۷ متر، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شـرقی و عـرض ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی اجرا شد. قبل از اجرای آزمـایش یـک نمونه خاک (جدول ۱) تهیه و نسـبت بـه انـدازه‌گیـری عناصـر غذایی ماکرو و میکرو در آن اقدام شد. بر اسـاس نتـایج تجزیـه خاک، توصیه کودی شامل ۲۱ کیلوگرم در هکتار فسـفر خـالص از کود سوپرفسفات تریپل با ۴۶ درصد اکسید فسفر، ۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از کود اوره با ۴۶ درصد نیتروژن بود. کود سوپرفسفات تریپل در پاییز همزمان با شخم عمیق به زمین داده شد و کود اوره هم در زمان کشت به‌عنوان استارتر مصـرف شد. سپس به‌طـور همزمـان جـو (*Hordeum vulgare* L.) رقـم والفجـر و خلـر (*Lathyrus sativus* L.) رقـم محلـی، بـا روش کشت در هم و نسبت‌هـای مختلـف بـذر دو گیـاه (بـه‌صـورت جایگزینی) در اول اردیبهشت‌ماه کشـت شـدند. تیمارهـا شـامل الگوهای مختلف کشت (کشت خالص جو، کشت خالص خلر، ۷۵ درصد خلر + ۲۵ درصد جو، ۵۰ درصد خلـر + ۵۰ درصـد جو، نسبت ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو) در حالت تلقـیح و عدم تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* بودنـد. گونـه قـارچ مایکوریزای مورد استفاده در این پژوهش از کلینیک گیاه‌پزشکی اسدآباد همدان تهیه شد. تراکم جو و خلر به‌ترتیب ۳۰۰ و ۲۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شـد. در هـر کـرت ۱۰ خـط بـه فواصل ۲۰ سانتی‌متر و با طول ۴ متر کشت شد. برای تلقیح جو و خلر با قارچ مـایکوریزا قبـل از کاشـت از خـاکی کـه حـاوی هیف‌های قارچ مایکوریزا، بقایای ریشه و اسپور (حـدود ۱۰۰۰ اسپور در هر ۱۰ گرم خاک) بود، در داخل خطوط کاشت و زیر بذر به مقدار ۸۰ گرم در هر ردیف کاشت قرار داده شـد. اولـین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گرفت. آبیـاری‌هـای بعدی برحسب شرایط منطقه و هـر ۱۰ روز یـک‌بـار بـه طریـق قطره‌ای صورت گرفت. برای اطمینـان از کلـونیزه شـدن قـارچ، ۲۰ روز بعد از کشت به‌طور تصادفی در تیمارهای حاوی قارچ، ریشه‌های گیاهان را خارج و بـه آهسـتگی تکـان داده تـا اینکـه ریشه‌ها کاملاً عاری از خاک شدند. سپس بـرای تعیـین درصـد کلونیزاسـیون ریشـه در محـیط آزمایشـگاه بـا اسـتفاده از روش فیلیپس و هایمن (۲۷) رنگ‌آمیـزی ریشـه‌ای صـورت گرفـت و سپس از روش خطوط متقاطع استفاده شد (۳۵).

جو و خلر به‌ترتیب در مراحل خمیری و اواسط گل‌دهی در دهم تیرماه در سطحی معادل چهار مترمربـع برداشـت و بعـد از تفکیک، تا ثابت شدن وزن، گیاهان در سایه نگهـداری شـدند و سپس عملکرد علوفه خشک هر یک از گیاهـان و عملکـرد کـل علوفه تعیین شد. برای سنجش کیفیت علوفه تولیدی هـر کـرت (خالص و مخلوط)، ۱۰ گرم از هر کرت به نسبت وزن خشـک تولیـدی انتخـاب، مخلـوط و سـپس آسـیاب شـد. صـفات NDF، ADF، CF و WSC بـا اسـتفاده از روش طیـف‌سـنجی مادون قرمز نزدیـک (Near Infra-Red) بـر اسـاس روش ارائـه شده توسط جعفـری و همکـاران (۱۴) در آزمایشـگاه مؤسسـه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

جدول ۱. نتیجه آزمون خاک محل اجرای آزمایش

بافت خاک	سیلت	شن	رس	نیتروژن	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	منگنز	آهن	روی
	(%)					(dS/m)		(mg/kg)				
رسی سیلتی	۵۰	۱۰	۴۰	۰/۰۸	۰/۹۴	۰/۸۱	۸/۱۱	۷/۵۶	۳۴۲	۷/۷۶	۷/۴۶	۱/۲۰

تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و با استفاده از دستگاه Perten مدل ۸۶۲۰ Inframatic (ساخت کشور سوئد) اندازه گیری شدند. تکنولوژی NIR بر اساس جذب و انعکاس اشعه مادون قرمز در طول موج‌های بین ۲۵۰۰–۷۰۰ نانومتر استوار است. علاوه بر این، کل ماده مغذی قابل هضم (Total digestible nutrients)، ماده خشک مصرفی (Dry matter intake)، قابلیت هضم ماده خشک (Digestible dry matter)، ارزش نسبی تغذیه‌ای (Relative feed value) و انرژی ویژه شیردهی (Net energy for lactation) طبق روابط زیر محاسبه شدند (۲۱).

$$TDN = (-۱/۲۹۱ \times ADF) + ۱۰۱/۳۵ \quad (۱)$$

$$DMI = ۱۲۰/ \text{٪NDF dry matter basis} \quad (۲)$$

$$DDM = ۸۸/۹ - (۰/۷۷۹ \times \text{٪ADF, dry matter basis}) \quad (۳)$$

$$RFV = \text{٪DDM} \times \text{٪DMI} \times ۰/۷۷۵ \quad (۴)$$

$$NEL = (۱/۰۴۴ - (۰/۰۱۱۹ \times \text{٪ADF})) \times ۲/۲۰۵ \quad (۵)$$

در نهایت بعد از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

تجزیه واریانس و مقایسه‌های گروهی (جدول ۲) نشان داد که بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ میزان کربوهیدرات محلول در آب در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت. بیشترین میزان کربوهیدرات محلول در آب متعلق به کشت‌های خالص جو تلقیح‌شده با مایکوریزا (۲۳۴/۶ گرم در مترمربع)، خالص جو تلقیح‌نشده (۲۳۳/۵ گرم در مترمربع) و الگوی ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو تلقیح‌نشده (۲۲۰/۸ گرم در مترمربع) بود. الگوهای ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو تلقیح‌شده با مایکوریزا (۲۰۵/۱ گرم در مترمربع) و ۵۰ درصد خلر + ۵۰ درصد جو تلقیح‌نشده (۲۰۴/۷ گرم در مترمربع) در رتبه بعدی قرار داشتند. کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب نیز به الگوهای کشت خالص خلر تلقیح‌شده با مایکوریزا (۱۵۱/۷ گرم در مترمربع) و خالص خلر تلقیح‌نشده (۱۶۵ گرم در مترمربع) تعلق داشت (شکل ۱). مشاهده می‌شود با افزایش نسبت جو در الگوهای کشت به‌دلیل بافت خشبی بیشتر گرامینه‌ها و بافت علفی بیشتر لگوم‌ها، میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه افزایش یافت. در تطابق با این نتایج نظری و همکاران (۲۶) بالاترین درصد کربوهیدرات محلول ذرت علوفه‌ای را در کشت خالص آن و بدون گیاه لگوم گزارش کردند. کیانی و همکاران (۱۸) نتیجه گرفتند با افزایش نیتروژن در دسترس به‌دلیل افزایش رشد رویشی و کربوهیدرات‌های ساختمانی، از میزان قندهای محلول علوفه کاسته شد. همچنین استولز و نادیاو (۳۴) نتیجه گرفتند که میزان کربوهیدرات محلول در آب در کشت خالص باقلا و مخلوط ذرت و باقلا با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه به‌ترتیب ۸۵/۰۷ و ۳۱/۳۴ درصد نسبت به کشت خالص ذرت کاهش یافت. در مطالعه عکس‌العمل‌های فیزیولوژیک گندم به کاربرد قارچ میکوریزا، نتایج نشان داد قارچ میکوریزا موجب افزایش میزان نیتروژن، پروتئین، کربوهیدرات و کل پروتئین‌های محلول در دانه و ساقه شد (۳۳).

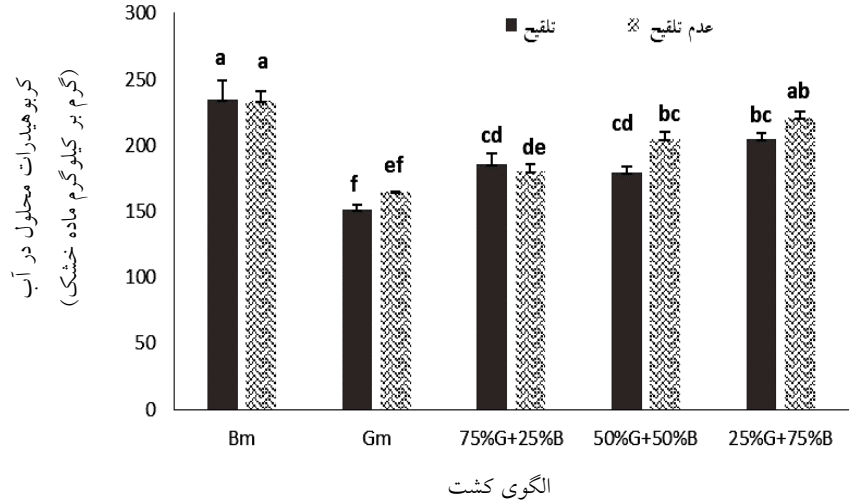
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227] [DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس و مقایسات گروهی صفات کیفی علوفه در کشت مخلوط جو- خلر با کاربرد قارچ مایکوریزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		کربوهیدرات محلول در آب	دیواره سلولی بدون همی سلولز	فیبر خام	دیواره سلولی	کل ماده خشک قابل هضم	ماده خشک مصرفی	ماده خشک قابل هضم	ارزش نسبی تغذیه‌ای	انرژی ویژه شیردهی
تکرار	۲	۱۳^{ns}	۱۴۵^{ns}	۱۲۸۲**	۸۴/۷^{ns}	۲۴۱ ^{ns}	۰/۳۸۵^{ns}	۸۸/۱۷^{ns}	۴/۴۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
تیمار	۹	۲۲۹۹**	۲۶۶۷**	۲۴۷۷۵**	۱۴۶۰**	۴۴۴۶**	۶/۰۴**	۱۶۱۸**	۳۷۳**	۰/۰۱۹**
T_1 vs T_6	۱	۱/۷۰۷*	۳۱۳^{ns}	۱۸/۳*	۶۴۶**	۵۲۳^{ns}	۲*	۱۹۰^{ns}	۸۳/۲*	۰/۰۰۲^{ns}
T_2 vs T_7	۱	۲۶۴^{ns}	۱۳۸^{ns}	۴۸/۱^{ns}	۲۸۵*	۲۳۰^{ns}	۱/۵*	۸۳/۹^{ns}	۶۷/۷*	۰/۰۰۱^{ns}
T_3 vs T_8	۱	۵۰/۴^{ns}	۰/۸۰۷**	۷*	۳۰۵*	۱/۳۳**	۱/۳*	۰/۴۸۷**	۳۴/۱^{ns}	۰/۰۰۰۱۷*
T_4 vs T_9	۱	۸۶/۶^{ns}	۳۱/۲^{ns}	۲۴۱^{ns}	۶۲۲**	۵۲/۱^{ns}	۲/۵**	۱۸/۹^{ns}	۷۶*	۰/۰۰۲۳^{ns}
T_5 vs T_{10}	۱	۳۶۸^{ns}	۳۳۳^{ns}	۱۵۶۱*	۱۳۸^{ns}	۵۵۴^{ns}	۰/۵۱۶^{ns}	۲۰۷^{ns}	۴۱/۳^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}
T_1 vs T_3+T_7+T_5	۱	۳۳۳۱**	۷۸۴۱**	۵۹۳۴۹**	۱۳۴۸**	۱۳۰۶۹**	۵/۲**	۴۷۵۸**	۶۴۴**	۰/۰۵۵**
T_6 vs T_8+T_9+T_{10}	۱	۲۲۴۵**	۱۰۰۳۰**	۵۱۷۴۱**	۲۰۹۳**	۱۶۷۱۷**	۶/۸**	۶۰۸۶**	۷۸۳**	۰/۰۶۹**
T_2 vs T_3+T_7+T_5	۱	۴۴۲۶**	۵۴۹^{ns}	۱۷۶۳۱**	۲۲۱۲**	۹۱۶^{ns}	۱۰/۹**	۳۳۳^{ns}	۴۱۴**	۰/۰۰۴^{ns}
T_7 vs T_8+T_9+T_{10}	۱	۳۰۶۵**	۳۶۶^{ns}	۲۶۴۶۵**	۲۳۴۷**	۶۱۱^{ns}	۱۰/۲**	۲۲۲^{ns}	۳۵۴**	۰/۰۰۳^{ns}
T_3+T_7+T_5 vs T_8+T_9+T_{10}	۱	۱۵۲^{ns}	۲۰۴^{ns}	۹۱۵^{ns}	۹۷۸**	۳۳۹^{ns}	۴**	۱۲۲^{ns}	۱۴۶**	۰/۰۰۱^{ns}
خطای آزمایشی	۱۸	۱۴۴	۲۲۷	۳۴۷	۶۱/۴	۳۷۹	۰/۲۵۴	۱۳۸	۱۱/۲	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۰۷	۴/۳۲	۵/۷۶	۱/۸	۳/۴۶	۱/۸۲	۱/۹۰	۲/۵۳	۲/۸۶

ns ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد. T_1: کشت خالص جو با مایکوریزا، T_2: کشت خالص خلر با مایکوریزا، T_3: ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو با مایکوریزا، T_4: ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو با مایکوریزا، T_5: ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو با مایکوریزا، T_6: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_7: کشت خالص خلر بدون مایکوریزا، T_8: ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو بدون مایکوریزا، T_9: ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو بدون مایکوریزا، T_{10}: ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو بدون مایکوریزا.

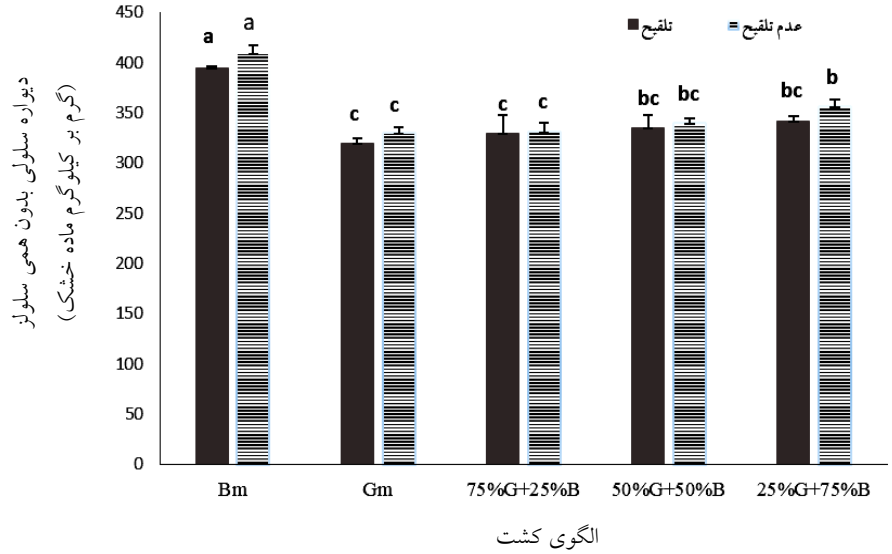


شکل ۱. میانگین کربوهیدرات محلول در آب علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو، Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF)

نتایج تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) نشان داد بین تیمارهای مختلف از لحاظ میزان دیواره سلولی بدون همی‌سلولز در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲) بیانگر آن است که بالاترین میزان ADF مربوط به کشت‌های خالص جو تلقیح‌نشده (۴۰۹/۵ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح‌شده با مایکوریزا (۳۹۵ گرم در مترمربع) بود. کمترین میزان ADF نیز به الگوهای کشت خالص خلر تلقیح‌شده (۳۲۰/۴ گرم در مترمربع)، خالص خلر تلقیح‌نشده (۳۳۰ گرم در مترمربع)، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو تلقیح‌شده با مایکوریزا (۳۳۰/۳ گرم در مترمربع) و ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو تلقیح‌نشده با مایکوریزا (۳۳۱/۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت. مشاهده می‌شود در شرایط عدم تلقیح با مایکوریزا میزان ADF افزایش یافته است. به‌طوری‌که در تیمارهای تلقیح‌نشده کشت خالص جو، خالص خلر و ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو، میزان ADF به‌ترتیب ۳/۵۴، ۳/۱۲ و ۴/۳۸ درصد نسبت به تلقیح افزایش پیدا کرده است. زیرا قارچ میکوریزا میزان جذب عناصر کم‌مصرف تأثیرگذار در دیواره سلولی مانند کلسیم، منگنز، آهن و هورمون‌های تأثیرگذار در این بافت‌ها را افزایش و باعث کاهش میزان ترکیبات ساختاری نسبت به ترکیبات غیرساختاری بافت گیاهی خواهند شد (۳۳). بنابراین تلقیح مایکوریزایی با کاهش ADF و ADL نقش مهمی در افزایش کیفیت علوفه ایفا می‌کند. سابیا و همکاران (۳۰) گزارش کردند که کیفیت علوفه جو تلقیح‌شده با قارچ مایکوریزا در نتیجه کاهش غلظت ذرات فیبری غیرقابل هضم افزایش پیدا کرد. علاوه‌بر این، با افزایش نسبت جو میزان ADF نیز افزایش یافت. در تطابق با این نتایج اسماعیل‌پور و همکاران (۷) نتیجه گرفتند که بیشترین مقادیر تعداد برگ، سطح و وزن خشک برگ در تلقیح گیاه مرزه با قارچ مایکوریزا آربوسکولار به‌دست آمد و کمترین مقدار برای این صفات در تیمار شاهد بدون قارچ میکوریزا حاصل شد. همچنین کیانی و همکاران (۱۸) نتیجه گرفتند که کشت‌های خالص جو و رازیانه به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد ADF با میانگین ۳۰/۱ و ۲۴/۷ درصد بوده‌اند و با کاهش درصد جو از مقدار این صفت کاسته شد. آنها علت این کاهش را به جایگزینی جو در ازای رازیانه و بالاتر بودن ADF جو نسبت به رازیانه به‌منظور پیشبرد بیشتر چرخه زندگی جو در مقایسه با رازیانه نسبت دادند. زیرا با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]



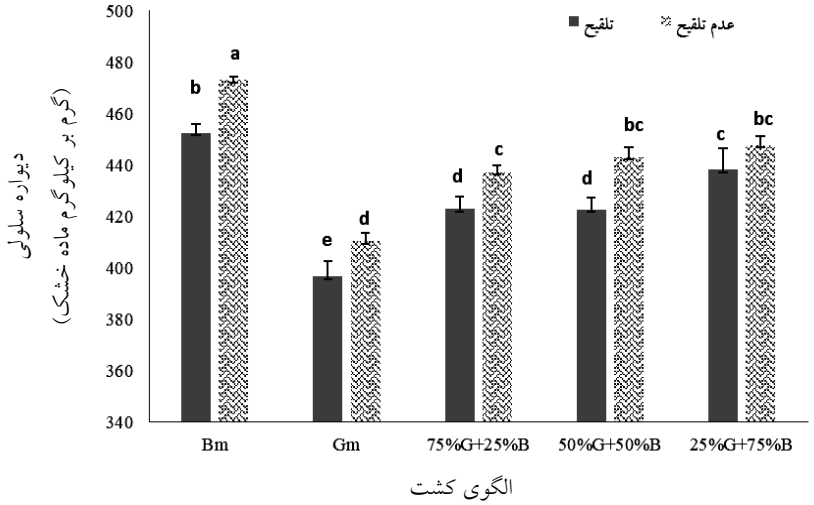
شکل ۲. میانگین دیواره سلولی بدون همی سلولز علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو، Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

پیشرفت رشد، ADF افزایش خواهد یافت. همزمان با افزایش سن گیاه، دیواره سلولی ضخیم‌تر و خشبی‌تر شده و بر میزان فیبرخام و لیگنین آن افزوده می‌شود. این تغییرات تحت تأثیر دو عامل، افزایش نسبت ساقه به برگ و افزایش کربوهیدرات‌های ساختمانی به موازات افزایش سن گیاه است که در پژوهش انجام گرفته توسط آنها ADF رازیانه به‌دلیل تکمیل نیمی از دوره رشد خود، پایین‌تر از جو بوده است. همچنین به نظر می‌رسد کاهش میزان ADF کل علوفه در شرایط مخلوط با لگوم‌ها، از بالا بودن سطح برگ و تعداد برگ لگوم‌ها در شرایط سایه ناشی شده باشد. زیرا گیاهان در محیط‌های برخوردار از سایه برای افزایش جذب نور، مواد فتوسنتزی بیشتری را به تعداد برگ و رشد آن اختصاص می‌دهند و بر اثر افزایش نسبت برگ به ساقه میزان NDF و ADF کاهش می‌یابد (۱۶).

دیواره سلولی (NDF)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ دیواره سلولی در سطح احتمال یک درصد است. بیشترین میزان دیواره سلولی به کشت خالص جو بدون تلقیح (۴۷۳/۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت و بعد از آن کشت خالص جو تلقیح‌شده با مایکوریزا (۴۵۲/۴ گرم در مترمربع) قرار گرفت. کمترین میزان دیواره سلولی نیز به کشت‌های خالص خلر تلقیح‌شده با مایکوریزا (۳۹۶/۵ گرم در مترمربع) و خالص خلر تلقیح‌نشده (۴۱۰/۳ گرم در مترمربع) مربوط بود (شکل ۳). مشاهده می‌شود مصرف مایکوریزا باعث کاهش NDF نسبت به عدم تلقیح‌شده است، به‌طوری که میزان NDF با کاربرد مایکوریزا در الگوهای کشت خالص جو، کشت خالص خلر، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو، ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو و ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو نسبت به عدم تلقیح به‌ترتیب ۴/۴۳، ۳/۵۴، ۳/۴۳، ۴/۷۴ و ۲/۰۵ درصد کاهش یافته است. اسمیث و رد (۳۳) افزایش سطح برگ گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا را به سنتز هورمون‌های رشد از جمله اکسین نسبت دادند. در نتیجه با افزایش سطح برگ میزان NDF کاهش می‌یابد. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده با افزایش سهم جو در نسبت‌های کشت، میزان دیواره سلولی افزایش یافت، چرا که بقولات نسبت به غلات از میزان مواد سلولزی و همی‌سلولزی کمتری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]



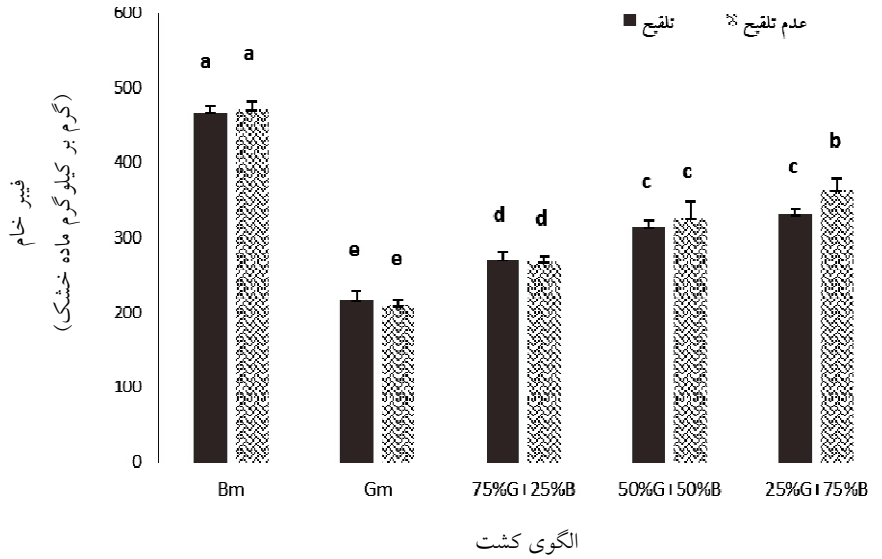
شکل ۳. میانگین دیواره سلولی علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

برخوردار هستند (۱۹ و ۲۰). راس و همکاران (۲۹) بیان کردند غلظت NDF بیشتر از ۵۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک به‌شدت مصرف علوفه توسط دام را کاهش می‌دهد. بنابراین، با گنجاندن لگوم‌ها در مخلوط با گراس‌ها، امکان افزایش کیفیت علوفه به‌دلیل کاهش NDF و ADF قابل انتظار است. علاوه بر این، مهرورز و چایچی (۲۲) گزارش کردند کاربرد قارچ مایکوریزا به‌صورت جداگانه و تلفیقی با باکتری‌های محرک رشد می‌تواند باعث کاهش قابل توجه دیواره سلولی علوفه جو شود.

فیبر خام (CF)

تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (۲) نشان داد بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ میزان فیبر خام تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بیشترین میزان فیبرخام در الگوهای کشت خالص جو تلقیح نشده (۴۷۰/۶ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح شده با مایکوریزا (۴۶۷/۱ گرم در مترمربع) مشاهده شد. بعد از آن الگوی کشت ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو تلقیح نشده با مایکوریزا (۳۶۳/۳ گرم در مترمربع) قرار داشت. تیمارهای ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو تلقیح نشده (۳۲۵/۹ گرم در مترمربع)، ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو تلقیح شده (۳۳۱/۱ گرم در مترمربع) و ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو تلقیح شده با مایکوریزا (۳۱۳/۲ گرم در مترمربع) در رتبه سوم از لحاظ میزان فیبر خام واقع شدند. کمترین میزان فیبر خام نیز به الگوهای کشت خالص خلر تلقیح‌نشده (۲۱۰/۵ گرم در مترمربع) و خالص خلر تلقیح‌شده (۲۱۶/۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت (شکل ۴). افراسیابی و همکاران (۱) گزارش کردند درصد فیبر در تیمارهایی با میزان پایین فسفر به‌دلیل کاهش کیفیت و خشبی شدن اندام‌های رویشی گیاه افزایش می‌یابد. علاوه بر این، درصد فیبر با درصد پروتئین علوفه همبستگی منفی دارد. با توجه به افزایش جذب فسفر در نتیجه تلقیح با مایکوریزا و کشت مخلوط، کاهش فیبر خام علوفه در نتیجه کاربرد قارچ مایکوریزا قابل توجیه است. وگل- میکوس و همکاران (۳۶) تأثیرات مثبت قارچ مایکوریزا را به افزایش جذب فعال فسفر از خاک و انتقال آن به گیاه می‌دانند. همچنین نتایج نشان داد با افزایش سهم جو در الگوهای مختلف کشت، فیبر خام افزایش و در نتیجه کیفیت علوفه کاهش می‌یابد. دلیل این امر به بیشتر بودن مواد سلولزی و همی‌سلولزی جو در مقایسه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]



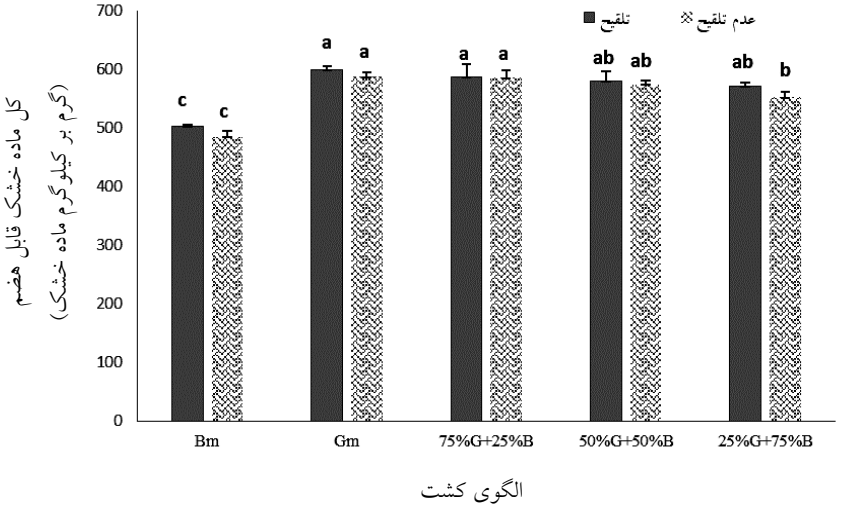
شکل ۴. میانگین فیبرخام علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

با خلر نسبت داده می‌شود (۳۱). اسماعیلی و همکاران (۸) و کیانی و همکاران (۱۸) به‌ترتیب در کشت مخلوط جو- یونجه و جو- رازیانه گزارش کردند که با افزایش سهم جو در کشت مخلوط میزان فیبر خام علوفه مخلوط روند افزایشی داشته و بیشترین میزان فیبر خام به کشت خالص جو مربوط بود. دلیل آن را به تفاوت در ویژگی‌های مورفولوژیک دو گیاه، نسبت برگ به ساقه و بالا بودن میزان فیبر جو در مقایسه با یونجه و رازیانه نسبت دادند. جوسکیو و همکاران (۱۷) نتیجه گرفتند جو در کشت مخلوط، علوفه‌ای با ارزش غذایی بالا و فیبر خام کمتر نسبت به کشت خالص آن محسوب می‌شود.

کل ماده مغذی قابل هضم (TDN)

تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) نشان داد بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ کل ماده خشک قابل هضم در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بالاترین میزان کل ماده خشک قابل هضم به الگوهای کشت خالص خلر تلقیح‌شده با مایکوریز (۵۹۹/۹ گرم در مترمربع)، خلر بدون تلقیح (۵۸۷/۵ گرم در مترمربع)، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو تلقیح‌شده (۵۸۷ گرم در مترمربع) و ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو بدون تلقیح (۵۸۶/۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت. کمترین میزان ماده خشک قابل هضم نیز به الگوهای خالص جو تلقیح‌نشده (۴۸۴/۸ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح‌شده (۵۰۳/۵ گرم در مترمربع) مربوط بود (شکل ۵). به‌طور کلی تلقیح مایکوریزا نسبت به شرایط عدم تلقیح باعث افزایش کل ماده خشک قابل هضم شده است. به‌طوری که میزان TDN در الگوهای کشت خالص جو، خالص خلر، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو،۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو، و ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو، به‌ترتیب ۳/۹۲، ۲/۰۴، ۰/۱۷، ۱/۰۴ و ۳/۴۴ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش یافته است. زیرا با افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر و به تبع آن بهبود میزان پروتئین خام، میزان TDN نیز افزایش پیدا می‌کند (۲۴ و ۳۴). همچنین با افزایش نسبت گیاه دارای درصد ماده خشک قابل هضم کمتر در کشت مخلوط، درصد ماده خشک قابل هضم کل علوفه کاهش می‌یابد (۲۵). در همین رابطه مرادی و همکاران (۲۴) عنوان کردند کشت خالص ذرت به‌دلیل داشتن ADF زیاد، علوفه‌ای با

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]



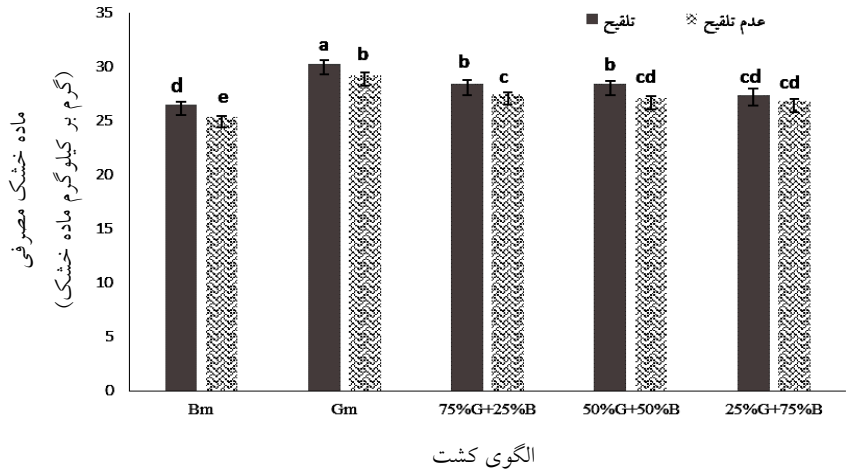
شکل ۵. میانگین کل ماده خشک قابل هضم علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

قابلیت هضم کم دارد اما با اضافه شدن لوبیا چیتی و کدوی تخمه کاغذی به ذرت در مخلوط‌های دوگانه و سه‌گانه به کاهش ADF منجر و در نتیجه کل ماده خشک قابل هضم افزایش یافت. همچنین بینگول و همکاران (۴) و لایتورگایدیس و همکاران (۲۱) کاهش TDN را به افزایش ADF و میزان لیگنین بالا نسبت دادند. زیرا TDN با ADF همبستگی منفی دارد. از آن‌جایی که ADF نشان‌دهنده سهم دیواره سلولی علوفه است که شامل سلولز و لینگین است بنابراین با افزایش ADF از قابلیت هضم علوفه کاسته می‌شود (۴ و ۳۸). نخ‌زری مقدم و همکاران (۲۵) با کشت مخلوط خردل و جو عنوان کردند که با افزایش نسبت خردل در تیمارهای کشت مخلوط، درصد ماده خشک قابل هضم به‌دلیل پایین بودن نسبت عملکرد جو به عملکرد خردل کاهش جزئی یافت. به‌طوری که درصد ماده خشک قابل هضم در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳/۳ درصد خردل به‌جای جو برابر با ۴۹/۶۹ و در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۶/۷ درصد خردل به‌جای جو برابر با ۴۸/۵۷ درصد بود. آنها بیان داشتند بالاتر بودن درصد ماده خشک قابل هضم و پایین‌تر بودن درصد فیبر غیر قابل حل در شوینده‌های اسیدی (ADF) در گیاه جو بیانگر بالاتر بودن کیفیت این گیاه نسبت به گیاه خردل است.

ماده خشک مصرفی (DMI)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) نشان داد بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ ماده خشک مصرفی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بالاترین میزان ماده خشک مصرفی به الگوی کشت خالص خلر تلقیح‌شده با مایکوریزا (۳۰/۲۷ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) مربوط بود. پس از آن الگوهای کشت خالص خلر بدون تلقیح با مایکوریزا (۲۹/۲۵ گرم بر کیلوگرم وزن بدن)، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو تلقیح‌شده (۲۸/۴۱ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) و ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو تلقیح‌شده (۲۸/۳۹ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) قرار داشتند (شکل ۶). دلیل آن به کمتر بودن NDF برمی‌گردد، زیرا DMI با NDF همبستگی منفی دارد (۲۱). کمترین میزان ماده خشک مصرفی نیز به کشت جو خالص بدون تلقیح (۲۵/۳۷ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) تعلق داشت. علاوه‌بر این، میزان ماده خشک مصرفی با کاربرد مایکوریزا در الگوهای کشت خالص جو، خالص خلر، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو، ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو، و ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو نسبت به عدم تلقیح افزایش پیدا کرد. افزایش ماده خشک مصرفی علوفه به افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]



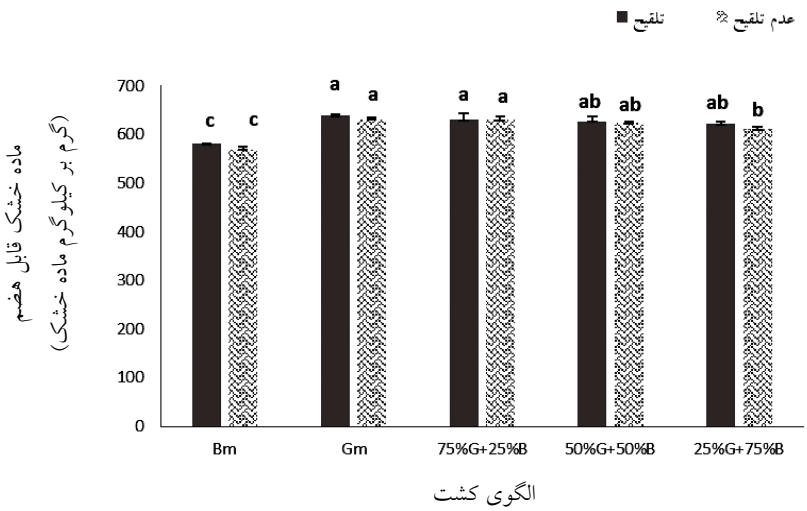
شکل ۶. میانگین ماده خشک مصرفی علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

میزان پروتئین خام کل بر اثر مخلوط با لگوم‌ها نسبت داده شده است (۴). بر اساس جداول کیفی استاندارد علوفه (۱۲) می‌توان بیان کرد که علوفه حاصل از خلر تلقیح شده با داشتن ماده خشک مصرفی معادل ۳۰/۲۷ گرم بر کیلوگرم وزن بدن در رتبه ممتاز (Prime) و علوفه حاصل از جو بدون تلقیح با ماده خشک مصرفی ۲۵/۳۷ گرم بر کیلوگرم وزن بدن در رتبه خوب (Good) قرار گرفت. همچنین علوفه حاصل از کشت خالص جو تلقیح‌شده، خالص خلر تلقیح‌نشده و سایر الگوهای کشت مخلوط در رتبه عالی (Premieum) واقع شدند.

قابلیت هضم ماده خشک (DDM)

قابلیت هضم ماده خشک، اغلب نماینده انرژی قابل هضم است و بهبود قابلیت هضم از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاحی گیاهان علوفه‌ای است، زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله دام، بهبود می‌بخشد (۳۸). نتایج تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ ماده خشک قابل هضم در سطح احتمال یک درصد است. بیشترین میزان ماده خشک قابل هضم به الگوی کشت خالص خلر تلقیح‌شده (۶۳۹/۴ گرم در مترمربع) تعلق داشت که تفاوت آن فقط با الگوهای کشت خالص جو تلقیح و عدم تلقیح و ۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد خلر تلقیح‌نشده معنی‌دار بود. کمترین میزان ماده خشک قابل هضم نیز در الگوهای خالص جو بدون تلقیح (۵۷۰ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح‌شده (۵۸۱/۳ گرم در مترمربع) مشاهده شد (شکل ۷). با افزایش سهم خلر در الگوهای کشت بر میزان ماده خشک قابل هضم علوفه افزوده شد. ماده خشک قابل هضم همبستگی منفی با درصد پروتئین خام، درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خاکستر دارد. از آنجایی که میزان این شاخص‌ها در علوفه حاصل از کشت خالص جو نسبت به علوفه مخلوط جو و خلر پایین‌تر بود، افزایش ماده خشک قابل هضم علوفه در کشت مخلوط قابل توجیه است. لیتورگایدیس و همکاران (۲۱) پایین بودن ماده غذایی قابل هضم در گیاهی که دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز آن بالا بود، گزارش کردند. نخزری مقدم و همکاران (۲۵) گزارش کردند با افزایش نسبت خردل در تیمارهای کشت مخلوط جایگزین، درصد ماده خشک قابل هضم به‌دلیل پایین بودن نسبت عملکرد جو به عملکرد خردل کاهش جزئی یافت به‌طوری که درصد ماده خشک قابل هضم در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳/۳ درصد خردل به‌جای جو برابر با ۴۹/۶۹ و در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۶/۷ درصد خردل به‌جای جو برابر با ۴۸/۵۷ بود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

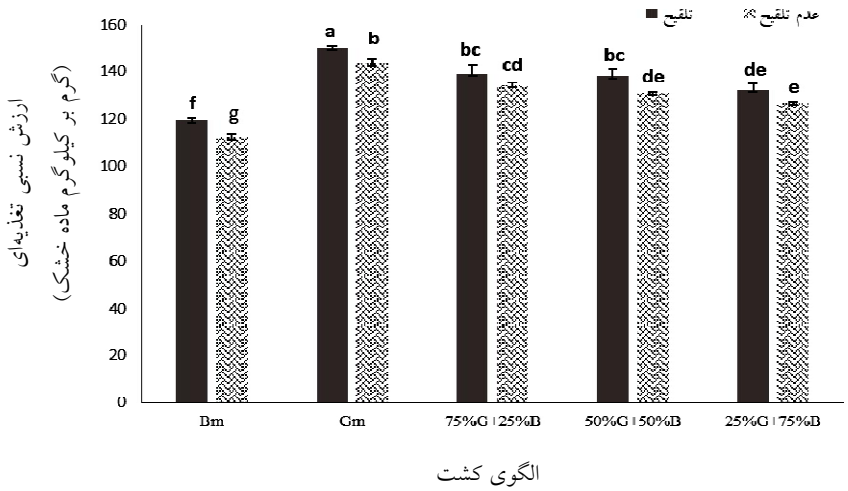


شکل ۷. میانگین ماده خشک قابل هضم علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

ارزش نسبی تغذیه‌ای (RFV)

اصطلاح ارزش نسبی غذایی شاخص دیگری است که به‌منظور ارزیابی کیفیت علوفه کاربرد دارد. این شاخص توسط انجمن ملی کنترل علوفه (National forage testing association) تعریف شده است. در حقیقت این شاخص، کیفیت علوفه گیاهان مختلف را با یک علوفه استاندارد (یونجه) نشان می‌دهد. تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) نشان داد که بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ ارزش نسبی تغذیه‌ای در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بالاترین میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای به الگوی کشت خالص خلر تلقیح‌شده با مایکوریز (۱۵۰ درصد) تعلق داشت. بعد از آن الگوهای کشت خالص خلر بدون تلقیح (۱۴۳/۳ درصد)، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو تلقیح‌شده (۱۳۹/۱ درصد)، و ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو تلقیح‌شده (۱۳۸/۱ درصد) قرار داشتند. کمترین میزان ارزش نسبی تغذیه‌ای نیز به کشت خالص جو تلقیح‌نشده (۱۱۲/۱ درصد) و پس از آن به کشت خالص جو تلقیح‌شده (۱۱۹/۵۴ درصد) مربوط بود (شکل ۸). همچنین نتایج نشان می‌دهد با کاربرد مایکوریزا در الگوهای کشت خالص جو، کشت خالص خلر، ۷۵ درصد خلر+ ۲۵ درصد جو، ۵۰ درصد خلر+ ۵۰ درصد جو، و ۲۵ درصد خلر+ ۷۵ درصد جو میزان RFV به‌ترتیب ۶/۲۵، ۴/۸۹، ۳/۷۳، ۵/۳۴ و ۴/۷۶ درصد نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت. نتایج تحقیقات گذشته نیز تأیید کننده این موضوع است که کیفیت علوفه بر اثر تلقیح با قارچ میکوریزا، بهبود چشمگیری نسبت به شاهد داشته است (۵ و ۶). با توجه به اینکه DMI و DDM به‌ترتیب همبستگی منفی با NDF و ADF علوفه دارند (۴ و ۳۴) و با توجه به کاهش معنی‌دار NDF و ADF در کشت مخلوط، افزایشRFV قابل انتظار است. یلماز و همکاران (۳۸) در کشت مخلوط جو با ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia sativa* L.) و ماشک پانونیکا (*Vicia pannonica* L.) نتیجه گرفتند که الگوهای مختلف کشت مخلوط دارای میزان بالاتری از DMI، TDN، RFV و میزان کمتری از ADF و NDF نسبت به کشت خالص جو بودند. همچنین این پژوهشگران دلیل افزایش ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه حاصل از کشت مخلوط را به افزایش ماده خشک قابل هضم (DDM) و ماده خشک مصرفی (DMI) نسبت دادند. هورکس و والتناین (۱۲) گزارش کردند علوفه‌هایی که RFV بالای ۱۵۱ و ۱۵۰-۱۲۵ درصد داشته باشند از لحاظ کیفیت به‌ترتیب در رتبه ممتاز و عالی قرار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]



شکل ۸. میانگین ارزش نسبی تغذیه‌ای علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

می‌گیرند. در این آزمایش علوفه حاصل از کشت‌های خالص خلر و الگوهای کشت مخلوط در رتبه عالی قرار گرفت و پایین‌ترین رتبه کیفی علوفه هم به کشت‌های خالص جو تعلق داشت.

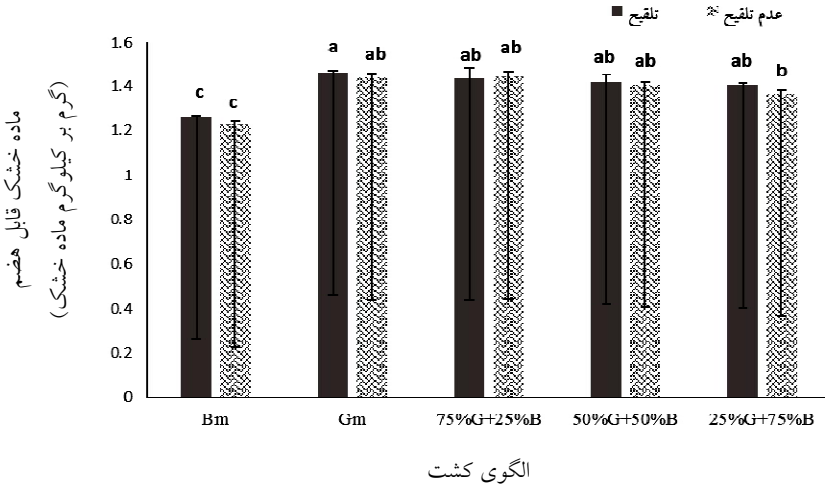
انرژی ویژه شیردهی (NEL)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) نشان داد بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ میزان انرژی ویژه شیردهی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بالاترین میزان انرژی ویژه شیردهی مربوط به کشت خالص خلر تلقیح‌شده با مایکوریزا (۱/۴۶۰ مگاکالری بر کیلوگرم) بود که تفاوت آن فقط با الگوهای کشت خالص جو تلقیح و بدون تلقیح و الگوی ۷۵ درصد جو+ ۲۵ درصد خلر بدون تلقیح معنی‌دار بود. کمترین میزان انرژی ویژه شیردهی نیز به الگوهای خالص جو بدون تلقیح (۱/۲۲۷ مگاکالری بر کیلوگرم) و خالص جو تلقیح‌شده با مایکوریزا (۱/۲۶۳ مگاکالری بر کیلوگرم) تعلق داشت (شکل ۹). می‌توان نتیجه گرفت تیمارهای تلقیح‌شده با مایکوریزا نسبت به تیمارهای تلقیح‌نشده، میزان انرژی ویژه شیردهی بالاتری دارند. افزایش انرژی ویژه شیردهی در کشت مخلوط یونجه یک‌ساله با جو به حضور لگوم نسبت داده شده است. به‌طوری که با افزایش نسبت لگوم در ترکیب‌های کشت مخلوط NEL به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (۳۱). لاریالت و کرکسی (۱۹) گزارش کردند که کشت مخلوط لگوم‌ها با چاودار و یولاف تأثیری بر میزان NEL نداشت، درحالی که کشت مخلوط لگوم‌ها با گندم و تریتیکاله موجب افزایش میزان NEL نسبت به کشت خالص آنها شد. یلماز و همکاران (۳۸) در کشت مخلوط جو با ماشک معمولی (*Vicia sativa* L.) و ماشک مجارستانی (*Vicia pannonica* L.) به نتیجه مشابهی دست یافتند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با اجرای کشت مخلوط و کاربرد قارچ *Glomus intraradices*، شاخص‌های WSC، CF، NDF و ADF نسبت به کشت‌های خالص جو کاهش معنی‌داری پیدا کردند. در حالی که شاخص‌های DMI، DDM، RFV، NEL و TDN در الگوهای کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص جو افزایش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]



شکل ۹. میانگین انرژی ویژه شیردهی علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می‌دهد.

معنی‌داری یافتند. در نهایت بر اساس شاخص‌های NDF، DMI و RFV می‌توان بیان کرد که علوفه حاصل از کشت خالص خلر تلقیح شده با قارچ *Glomus intraradices* در رتبه ممتاز قرار گرفت و کشت‌های مخلوط تلقیح‌شده و تلقیح‌نشده و کشت خالص خلر بدون تلقیح در رتبه عالی واقع شدند. کمترین رتبه از لحاظ کیفی هم به علوفه حاصل از کشت‌های خالص جو تعلق گرفت.

منابع مورد استفاده

1. Afrasiabi, M., M. Amini Dehaghi and S. A. M. Modarres Sanavy. 2010. Effect of phosphate biofertilizer Barvar- 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 (In Farsi).
2. Amirmardfar, A., A. Dabbagh Mohammadi Nasab, Y. Raei, S. Khaghaninia and S. Amini Tabataba Vakili. 2015. Evaluation of yield and yield components of oil seed rape in the wheat-oil seed rape strip intercropping influenced by chemical and biological fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology* 8 (4): 437-450. (In Farsi).
3. Arrudaa. L., A. Beneduzi, A. Martins, B. Lisboa, C. Lopes, F. Bertolo, L. M. P. Passaglia Maria and K. L. Vargas. 2013. Screening of Rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. *Applied Soil Ecology* 63: 15- 22.
4. Bingol, N. T., M. A. Karsli, I. H. Yilmaz and D. Bolat. 2007. The effects of planting time and combination on the nutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped with barley. *Journal of Veterinary and Animal Science* 31: 297-302.
5. Boomsma, C. R and Vyn TJ. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through Arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Field Crops Research* 108: 14-31.
6. Cazzato, E., V. Laudadio and V.Tufarelli. 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.
7. Esmaielpour, B., P. Jalilvand and J. Hadian. 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). *Agroecology* 5(2): 169-177 .
8. Esmaieli, A., M. B. Hossani, M. Mohammadi and F. S. Hossani Khah. 2013. Evaluation of grain yield, dry
9. matter production and some of the forage and silage quality properties in annual medic (*Medicago scutellata*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) intercropping. *Seed Plant and Production Journal* 28 (3): 277-296 (In Farsi).
10. Garg, N. and S. Chandel. 2011. Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake in (*Cicer arietinum* L.) under salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 4: 1-35.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

11. Hamzei, J., M. Seyedi, G. Ahmadvand and M.A. Abutalebian. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. *Journal of Crop Production and Processing* 2: 43-55 (In Farsi).
12. Hamzei, J. and M. Babaei. 2016. Some agro-physiological indices, grain yield components and yield of field-grown maize in response to mycorrhiza and phosphorus fertilizer. *Journal of Crop Production and Processing* 5 (18):279-290
13. Horrocks, R. D. and J. F. Vallentine.1999. Harvested Forages. Academic Press, London, UK.
14. Ibrahim, M., M. Ayub, M. M. Maqbool, S. M. Nadeem, T. Haq, S. Hussain, A. Ali and L. M. Lauriault. 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. *Field Crops Research* 169: 140-144.
15. Jafari, A., V. Connolly, A. Frolich and E. J. Walsh. 2003. A note on estimation of quality in perennial ryegrass by near infrared spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 42(2): 293-299.
16. Jahan, M., A. Koocheki and M. Nasiri Mahallati. 2007. The effects of arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn. *Iranian Journal of Field Crops Research* 5: 53-67. (In Farsi).
17. Javanmard, A., A. Dabbagh Mohammadi Nasab, A. Javanshir, M. Moghaddam and H. Janmohammade. 2013. Effects of maize intercropping with legumes on forage yield and quality. J*ournal of Agricultural Science and Sustainable Production* 22 (3): 137-149 (In Farsi).
18. Juskiw, P. E., J. H. Helm and D. F. Salmon. 2000. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Science* 40: 138-147.
19. Kiani, S., S. A. Siadat, M. R. Moradi Telavat, A. R. Abdali Mashhadi and M. Sare. 2014. Effect of nitrogen rates on yield and quality of forage in intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 16(2): 77-90 (In Farsi).
20. Lauriault, L. M. and R. E. Kirksey. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass – legume intercrops in the southern high plains, USA. *Agronomy Journal* 96: 352-358.
21. Lithourgidis, A. S., D. N. Vlachostergios, C. A. Dordas and C. A. Damalas. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea- cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy* 34: 287-294.
22. Lithourgidis, A. S., I. B. Vasilakoglou, C. A. Dordas and M. D. Yiakoulaki. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research* 99: 106-113.
23. Mehrvarz, S. and M. R. Chaichi. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely *(Hordeum vulgare* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural &Environmental Sciences* 3(6): 855-860.
24. Monti, M., A. Pellicano, C. Santonoceto, G. Preiti and A. Pristeri. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal- pea intercrops in Mediterranean environment*. Field Crops Research* 379-388.
25. Moradi, P., J. Asghari, G. R. Mohsen Abadi and H.Samiezadeh. 2015. Evaluation of forage quantity and quality in intercropping maize with pinto bean and naked pumpkin. *Iranian journal of Agricultural Crop Management* (3): 683-699 (In Farsi).
26. Nakhzari Moghadam, A. 2013. Evaluation of forage yield and quality from intercropping barley and mustard in different planting dates. *Electronic Journal of Crop Production* 5(4): 173-189. (In Farsi).
27. Nazari, SH., F. Zaefrian, E. Farahmandfar. E. Zand and S. Azimi Sooran. 2014. Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. *Iranian Journal of Field Crops Research* 237-245 .
28. Phillips, J. M and D. S Hayman. 1970. Improved procedures clearing roots and staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transaction of the British Mycological Society Journal* 55: 158-161.
29. Pourebrahimi, M., M. Zavareh and S. M. R. Ehteshami. 2014. Effect of seed inoculation with pseudomonas fluorescence and glomus esculentum on quantitative and qualitative yield of two forage corn cultivars. *Journal of Crop Production and Processing* 3 (10):13-24.
30. Ross, S. M., J. R. King, J. T. Donovan and D. Spaner. 2005. The productivity of oats and berseem clover intercrops. I. Primary growth characteristics and forage quality at four densities of oats. *Grass and Forage Science* 60: 74-86.
31. Sabia, E., S. Claps, F. Napolitano, G. Annicchiarico, A. Bruno, R. Francaviglia, L. Sepe and R. Aleandri. 2015. In vivo digestibility of two different forage species inoculated with arbuscular mycorrhiza in Mediterranean red goats. *Small Ruminant Research* 123: 83-87.
32. Sadeghpour, A., E. Jahanzad, A. Esmaeili, M. B. Hosseini and M. Hashemi. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley andannual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research* 148: 43-48.
33. Shahhosseini, Z., A. Gholami and H. Asghari. 2012. Study the correlation among some growth characteristics of maize and yield under symbiosis with mycorrhizae fungi. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4: 696-698.
34. Smith, S. E. and D. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. London. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

35. Stoltz, E. and E. Nadeau. 2014. Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research* 169: 21-29.
36. Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology* 63: 995-1001.
37. Vogel-Mikus, K., D. Drobne and M. Regvar. 2005. Zn, Cd and Pb accumulation and arbuscular mycorrhizal colonization of pennycress (*Thlaspi praecox Wulf. Brassicaceae*) from the vicinity of a lead mine and smelter Slovenia. *Environmental Pollution* 133: 233-242.
38. Yang, F., S. Huang, R. Gao, W. Liu, T. Yong, X. Wang, X. Wu and W. Yang. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. *Field Crops Research* 155: 245-253.
39. Yilmaz, S., A. Ozel, M. Atak and M. Erayman. 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39: 135-143.
40. Zhu, C. X., B. F. Song and W. H. Xu. 2010. Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. *Plant and Soil* 331: 129-137.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 4, Winter 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of *Arbuscular Mycorrhiza* Fungus on Forage Quality in Intercropping of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Grass pea (*Lathyrus sativus* L.)

M. Haghaninia[1], A. Javanmard[2*], M. Nouraein[3] and S. Mollaaliabasiyan[4]

(Received: March 10-2018; Accepted: February 24-2019)

Abstract

In order to evaluate the forage quality in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) barley (*Hordeum vulgare* L.) intercropping with application of mycorrhiza fungus (*Glomus intraradices*), a field experiment was carried out as a randomized complete blocks design (RCBD) with 10 treatments and 3 replications at the Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran during 2017 growing season. Treatments included planting patterns (sole planting of grass pea and barley, 75% grass pea+ 25% barley, 50% grass pea+ 50% barley, 25% grass pea+ 75% barley) with and without mycorrhiza inoculation. The highest water soluble carbohydrate (WSC) and crude fiber (CF) were achieved in monoculture of inoculated and no-inoculated barley and 25% grass pea+ 75% barley planting patterns. Also, the highest neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) belonged to monocultures of barley, while the lowest NDF and ADF related to grass pea sole cropping. Thus, the highest total digestible nutrients (TDN), dry matter intake (DMI), digestible dry matter (DDM) and net energy for lactation (NEL) were obtained in monoculture of inoculated grass pea. In addition, inoculation with *Glomus intraradices* improved the mixture forage quality by reducing the concentration of ADF and ADF, while DDM, DMI, TDN and RFV were increased. Overall, based on the examined quality indices, inoculated grass pea was found potent to produce a good-quality forage.

Keywords: Dry matter intake (DMI), Neutral detergent fiber (NDF), Net energy for lactation (NEL), Sustainable agriculture, Water soluble carbohydrate (WSC)

1, 2, 3. MSc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran.
*: Corresponding Author, Email: A.javanmard@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-12]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.2.7]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.25227]