

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

محمد حقانی نیا^۱، عبدالله جوانمرد^{۲*}، مجتبی نورآئین^۳ و سارا ملاعلی عباسیان^۴

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

چکیده

به منظور ارزیابی کیفیت علوفه در کشت مخلوط جو و خلر با کاربرد قارچ *Glomus intraradices*، آزمایشی به صورت 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 فیبر خام (CF) علوفه در الگوهای کشت خالص جو تلقیح شده، خالص جو تلقیح نشده و الگوی ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو تلقیح نشده به دست آمد. همچنین بالاترین میزان دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF) و دیواره سلولی (NDF) به کشت‌های خالص جو تلقیح نشده و جو تلقیح شده تعلق داشت. اما کمترین میزان ADF و NDF به کشت‌های خالص خلر تلقیح شده و خلر تلقیح نشده 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 تلقیح شده به دست آمد. علاوه بر این، تلقیح با قارچ مایکوریزا کیفیت علوفه را از طریق کاهش NDF و ADF و افزایش DMI، TDN، NEL، DDM و RFV بهبود بخشید. به طور کلی، بر اساس شاخص‌های کیفی، علوفه حاصل از کشت خالص خلر تلقیح شده با قارچ به عنوان علوفه ممتاز (Prime) در نظر گرفته شد.

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

۱ و ۲. به ترتیب 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

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 به وجود آورده است (۱۰، ۱۱ و ۳۸). بر همین اساس، پژوهشگران سعی دارند تا با اجرای سامانه‌های برخورداری 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 به عنوان یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار در جهت اهداف مذکور دارای اهمیت ویژه است (۲، ۱۰ و ۱۶). در بسیاری از مناطق دنیا پذیرفته شدن کشت مخلوط به عنوان 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 به دست 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 (۱۵/۴۲ درصد)، فیبر خام (۳۸/۴۰ درصد) در کشت خالص جو و بیشترین درصد دیواره سلولی عاری از همی سلولز (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 کمی و کیفی علوفه شد. در مطالعه پور ابراهیمی و همکاران (۲۸) بیشترین میزان قابلیت هضم ماده خشک (۷۷/۳۷ درصد) و پروتئین خام (*Glomus esculentum*) (۱۲/۶۱ درصد) مربوط به تیمار ترکیبی قارچ و باکتری *Pseudomonas fluorescense* بود. درحالی که بیشترین میزان فیبر در تیمار شاهد (۵۴/۴۱ درصد) و کمترین میزان در تیمار ترکیبی قارچ و باکتری (۳۴/۳۸ درصد) به دست 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 به میزان خیلی کم دیواره سلولی منهای همی سلولز (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 خشی حرارت داده می‌شود، محتوی درونی سلول حل شده و دیواره سلولی (NDF) باقی می‌ماند. بنابراین، NDF به عنوان شاخصی برای تخمین میزان غلظت دیواره سلولی به کار می‌رود که با قابلیت هضم رابطه منفی دارد. همچنین NDF به عنوان معیار شکم پرکن دام، به منظور پیش‌بینی مصرف اختیاری علوفه توسط دام استفاده می‌شود. به عبارت دیگر NDF نشان‌دهنده پتانسیل مصرف علوفه توسط دام است. به طوری که با افزایش درصد NDF، به دلیل 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

هضم دیواره سلولی در یک اسید پاک‌کننده است. از آنجایی که ADF رابطه منفی با قابلیت هضم علوفه دارد. بنابراین، به عنوان 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 همی سلولز علوفه را نشان می‌دهد. الیاف خام (Crude fiber) هم شامل همی سلولز، سلولز و لیگنین است که در دیواره سلولی قرار دارند و کربوهیدرات‌های ساختمانی را تشکیل می‌دهند، این مواد انرژی‌زا هستند (۲۱). علاوه بر این، پروتئین‌ها ترکیبات آلی متشکل از آمینواسیدها است که اجزای مهم تشکیل‌دهنده ارگان‌های حیاتی و آنزیم‌ها محسوب می‌شوند. به طوری 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 به حساب می‌آید (۱۲ و ۳۴). قابلیت هضم ماده خشک (DDM) نیز به عنوان یکی دیگر از شاخص‌های کیفی علوفه، به صورت نسبتی از علوفه که از راه مدفوع دام دفع نشده و توسط دام جذب می‌شود، تعریف می‌شود. از هضم‌پذیری اغلب به عنوان 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 غیر ساختمانی 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 به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان 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 به دست می‌آورند (۳۹). میکوریزا به عنوان یکی از کودهای زیستی به ویژه 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 آزادی 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 به دست آمد. شاه‌حسینی و همکاران (۳۲) نیز گزارش کردند که قارچ‌های مایکوریزا عملکرد کمی 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 به میزان قابل توجهی به رشد و تغذیه گیاه کمک می‌کند و باعث افزایش عملکرد علوفه ذرت می‌شود. آنان علت این امر را به دلیل افزایش غلظت آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز گیاه که منجر به ساخته شدن

مواد فتوسنتزی بیشتری می‌شود، نسبت دادند. مهرورز و چایی‌چی (۲۲) بیان داشتند که بیشترین میزان قابلیت هضم ماده خشک (DDM) و پروتئین خام (CP) گیاه جو، در تیمار تلقیح قارچ و باکتری سودوموناس سویه ۴۱ به‌دست آمد. همچنین آنها گزارش کردند که قارچ‌ها و باکتری‌های حل‌کننده فسفات تأثیر مثبتی در کاهش میزان ADF علوفه دارند، که علت آن را اثرات سینرژیستی بین قارچ و باکتری دانستند.

با وجود پژوهش‌های گسترده‌ای که در مورد کودهای بیولوژیک بر گیاهان مختلف انجام شده، اطلاعات موجود در مورد اثر قارچ میکوریزا بر گیاهان علوفه‌ای در کشت مخلوط اندک است، لذا با توجه به مصرف بی‌رویه کود شیمیایی در کشاورزی مرسوم، همچنین نظر به اهمیت تأمین علوفه به‌منظور برآورده کردن نیاز پروتئینی جمعیت رو به رشد کشور، این پژوهش با هدف بررسی اثرات قارچ میکوریزا بر برخی صفات کیفی علوفه حاصل از کشت مخلوط جو و خلر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۶ به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریا ۱۴۷۷ متر، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش یک نمونه خاک (جدول ۱) تهیه و نسبت به اندازه‌گیری عناصر غذایی ماکرو و میکرو در آن اقدام شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک، توصیه کودی شامل ۲۱ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص 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 مصرف شد. سپس به‌طور همزمان جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم والفجر و خلر (*Lathyrus sativus* L.) رقم محلی، با روش کشت در هم و نسبت‌های مختلف بذر دو گیاه (به‌صورت

جایگزینی) در اول اردیبهشت‌ماه کشت شدند. تیمارها شامل الگوهای مختلف کشت (کشت خالص جو، کشت خالص خلر، ۷۵ درصد خلر + ۲۵ درصد جو، ۵۰ درصد خلر + ۵۰ درصد جو، نسبت ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو) در حالت تلقیح و عدم تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* بودند. گونه قارچ میکوریزای 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 شد. در هر کرت ۱۰ خط به فواصل ۲۰ سانتی‌متر و با طول ۴ متر کشت شد. برای تلقیح جو و خلر با قارچ میکوریزا قبل از کاشت از خاکی که حاوی هیف‌های قارچ میکوریزا، بقایای ریشه و اسپور (حدود 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 شد. اولین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گرفت. آبیاری‌های بعدی برحسب شرایط منطقه و هر ۱۰ روز یک‌بار به طریق قطره‌ای صورت گرفت. برای اطمینان از کلونیزه شدن قارچ، ۲۰ روز بعد از کشت به‌طور تصادفی در تیمارهای حاوی قارچ، ریشه‌های گیاهان را خارج و به آهستگی تکان داده تا اینکه ریشه‌ها کاملاً عاری از خاک شدند. سپس برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه در محیط آزمایشگاه با استفاده از روش فیلپس و هایمن (۲۷) رنگ‌آمیزی ریشه‌ای صورت گرفت و سپس از روش خطوط متقاطع استفاده شد (۳۵).

جو و خلر به‌ترتیب در مراحل خمیری و واسط گل‌دهی در دهم تیرماه در سطحی معادل چهار مترمربع برداشت و بعد از تفکیک، تا ثابت شدن وزن، گیاهان در سایه نگهداری شدند و سپس عملکرد علوفه خشک هر یک از گیاهان و عملکرد کل علوفه تعیین شد. برای سنجش کیفیت علوفه تولیدی هر کرت (خالص و مخلوط)، ۱۰ گرم از هر کرت به نسبت وزن خشک تولیدی انتخاب، مخلوط و سپس آسیاب شد. صفات NDF، ADF، CF و WSC با استفاده از روش طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک (Near Infra-Red) بر اساس روش ارائه شده توسط جعفری و همکاران (۱۴) در آزمایشگاه مؤسسه

جدول ۱. نتیجه آزمون خاک محل اجرای آزمایش

بافت	سیلت	شن	رس	نیتروژن	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	منگنز	آهن	روی
خاک			(%)			(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

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 به دلیل 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 به دلیل 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 به ترتیب 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).

تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و با استفاده از دستگاه Perten مدل ۸۶۲۰ Inframatic (ساخت کشور سوئد) اندازه‌گیری شدند. تکنولوژی NIR بر اساس جذب و انعکاس اشعه مادون قرمز در طول موج‌های بین ۷۰۰-۲۵۰۰ 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 زیر محاسبه شدند (۲۱).

$$TDN = (-1/291 \times ADF) + 101/35 \quad (1)$$

$$DMI = 120 / \%NDF \text{ dry matter basis} \quad (2)$$

$$DDM = 88/9 - (0/779 \times \%ADF, \text{ dry matter basis}) \quad (3)$$

$$RFV = \%DDM \times \%DMI \times 0/775 \quad (4)$$

$$NEL = (1/044 - (0/0119 \times \%ADF)) \times 2/205 \quad (5)$$

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

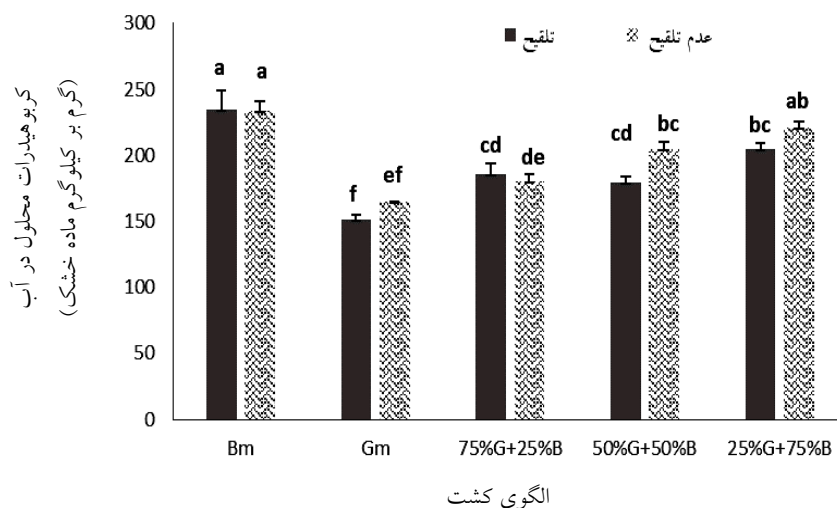
کربوهیدرات محلول در آب (WSC)

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

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		کروهندرات محلول در آب	دیواره سلولی بدون همی سلولاز	فیبر خنام	دیواره سلولی کل ماده خشک قابل هضم	ماده خشک مصرفی	ماده خشک قابل هضم
تکرار	۲	۱۳۳ ^{NS}	۱۴۵ ^{NS}	۱۲۸ ^{**}	۲۲۱ ^{NS}	۵۳۱۵ ^{NS}	۸۸۱۷ ^{NS}
تیمار	۹	۲۲۹۹ ^{**}	۲۶۶۷ ^{**}	۲۴۷۷۵ ^{**}	۲۴۴۶۶ ^{**}	۶۱۰۴ ^{**}	۱۶۱۸ ^{**}
T _۱ vs T _۲	۱	۱۷۰۷ [*]	۳۱۳ ^{NS}	۱۸۱۳ [*]	۵۲۳ ^{NS}	۲ [*]	۱۹۰۳ ^{NS}
T _۱ vs T _۳	۱	۲۶۴ ^{NS}	۱۳۸ ^{NS}	۴۸۱ ^{NS}	۲۳۰ ^{NS}	۱/۵ [*]	۸۳۹ ^{NS}
T _۱ vs T _۴	۱	۵۰/۴ ^{NS}	۵۰/۸۰۷ ^{**}	۷ [*]	۱/۳۳ ^{**}	۱/۳ [*]	۵/۴۸۷ ^{**}
T _۱ vs T _۵	۱	۸۶/۶ ^{NS}	۳۱/۱ ^{NS}	۲۴۱ ^{NS}	۵۲/۱ ^{NS}	۲/۵ ^{**}	۱۸/۹ ^{NS}
T _۱ vs T _۶	۱	۲۶۸ ^{NS}	۳۳۳ ^{NS}	۱۵۶ [*]	۵۵۴ ^{NS}	۵/۵۱۶ ^{NS}	۲۰۳ ^{NS}
T _۱ vs T _۷ +T _۸	۱	۳۳۳۱ ^{**}	۷۸۴۱ ^{**}	۵۹۳۴۹ ^{**}	۱۳۰۶۹ ^{**}	۵/۲ ^{**}	۴۷۵۸ ^{**}
T _۲ vs T _۳ +T _۴ +T _۵	۱	۲۲۴۵ ^{**}	۱۰۰۳۰ ^{**}	۵۱۷۴۱ ^{**}	۱۶۷۱۷ ^{**}	۶/۸ ^{**}	۶۰۸۶ ^{**}
T _۲ vs T _۳ +T _۴ +T _۵	۱	۲۴۲۶ ^{**}	۵۴۹ ^{NS}	۱۷۶۳۱ ^{**}	۹۱۶ ^{NS}	۱۰/۹ ^{**}	۳۳۳ ^{NS}
T _۲ vs T _۳ +T _۴ +T _۵	۱	۳۰۶۵ ^{**}	۳۶۶ ^{NS}	۲۶۴۶۵ ^{**}	۶۱۱ ^{NS}	۱۰/۲ ^{**}	۲۲۲ ^{NS}
T _۲ +T _۳ +T _۴ +T _۵	۱	۱۵۲ ^{NS}	۲۰ ^{NS}	۹۱۵ ^{NS}	۳۳۹ ^{NS}	۴ ^{**}	۱۳۳ ^{NS}
خطای آزمایشی	۱۸	۱۴۴	۲۲۷	۳۴۷	۳۷۹	۵/۲۵۴	۱۳۸
ضریب تغییرات (درصد)		۶/۰۷	۴/۳۲	۵/۷۶	۳/۴۶	۱/۸۲	۱/۹۰

با مایکوریزا، T_۱: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_۲: کشت خالص جو با مایکوریزا، T_۳: کشت خالص جو با مایکوریزا، T_۴: کشت خالص جو با مایکوریزا، T_۵: کشت خالص جو با مایکوریزا، T_۶: کشت خالص جو با مایکوریزا، T_۷: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_۸: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_۹: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۰}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۱}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۲}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۳}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۴}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۵}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۶}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۷}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا، T_{۱۸}: کشت خالص جو بدون مایکوریزا.

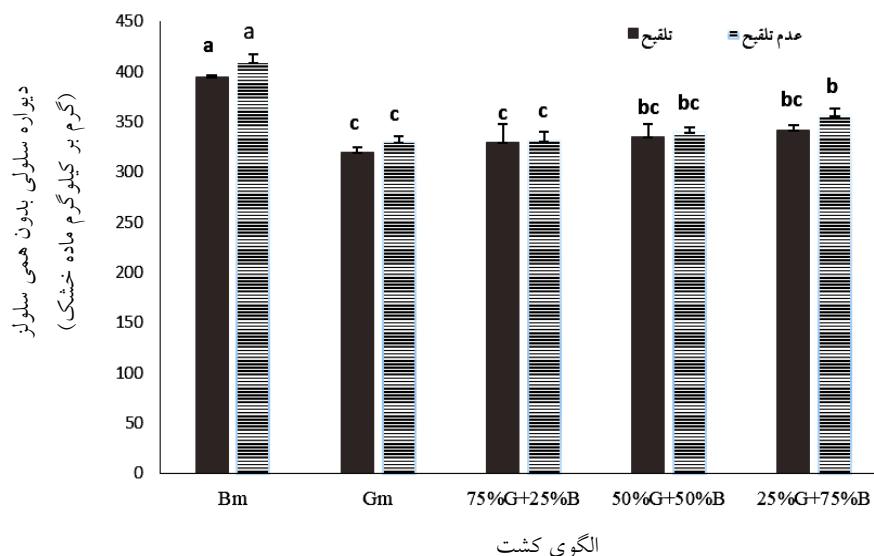


شکل ۱. میانگین کربوهیدرات محلول در آب علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیر مشابه بیانگر تفاوت معنی دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو، Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می دهد.

دیواره سلولی بدون همی سلولز (ADF)

نتایج تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) نشان داد بین تیمارهای مختلف از لحاظ میزان دیواره سلولی بدون همی سلولز در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری وجود داشت. مقایسه میانگین ها (شکل ۲) بیانگر آن است که بالاترین میزان ADF مربوط به کشت های خالص جو تلقیح نشده (۴۰۹/۵ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح شده با مایکوریزا (۳۹۵ گرم در مترمربع) بود. کمترین میزان ADF نیز به الگوهای کشت خالص خلر تلقیح شده (۳۲۰/۴ گرم در مترمربع)، خالص خلر تلقیح نشده (۳۳۰ گرم در مترمربع)، ۷۵ درصد خلر + ۲۵ درصد جو تلقیح شده با مایکوریزا (۳۳۰/۳ گرم در مترمربع) و ۷۵ درصد خلر + ۲۵ درصد جو تلقیح نشده با مایکوریزا (۳۳۱/۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت. مشاهده می شود در شرایط عدم تلقیح با مایکوریزا میزان ADF افزایش یافته است. به طوری که در تیمارهای تلقیح نشده کشت خالص جو، خالص خلر و ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو، میزان ADF به ترتیب ۳/۵۴، ۳/۱۲ و ۴/۳۸ درصد نسبت به تلقیح افزایش پیدا کرده است. زیرا قارچ میکوریزا میزان جذب عناصر کم مصرف تأثیرگذار در دیواره سلولی مانند کلسیم،

منگنز، آهن و هورمون های تأثیرگذار در این بافت ها 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 می کند. سایبا و همکاران (۳۰) گزارش کردند که کیفیت علوفه جو تلقیح شده با قارچ مایکوریزا در نتیجه کاهش غلظت ذرات فیبری غیرقابل هضم افزایش پیدا کرد. علاوه بر این، با افزایش نسبت جو میزان ADF نیز افزایش یافت. در تطابق با این نتایج اسماعیل پور و همکاران (۷) نتیجه گرفتند که بیشترین مقادیر تعداد برگ، سطح و وزن خشک برگ در تلقیح گیاه مرزه با قارچ مایکوریزا آربوسکولار به دست آمد و کمترین مقدار برای این صفات در تیمار شاهد بدون قارچ میکوریزا حاصل شد. همچنین کیانی و همکاران (۱۸) نتیجه گرفتند که کشت های خالص جو و رازیانه به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد ADF با میانگین ۳۰/۱ و ۲۴/۷ درصد بوده اند 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 به منظور پیشبرد بیشتر چرخه زندگی جو در مقایسه با رازیانه نسبت دادند. زیرا با



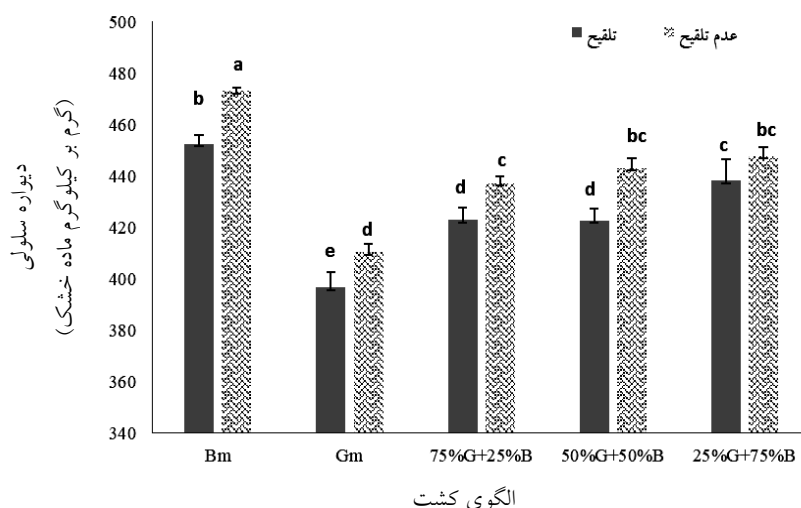
شکل ۲. میانگین دیواره سلولی بدون همی سلولز علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو، Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می دهد.

دیواره سلولی به کشت خالص جو بدون تلقیح (۴۷۳/۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت و بعد از آن کشت خالص جو تلقیح شده با مایکوریزا (۴۵۲/۴ گرم در مترمربع) قرار گرفت. کمترین میزان دیواره سلولی نیز به کشت های خالص خلر تلقیح شده با مایکوریزا (۳۹۶/۵ گرم در مترمربع) و خالص خلر تلقیح نشده (۴۱۰/۳ گرم در مترمربع) مربوط بود (شکل ۳). مشاهده می شود مصرف مایکوریزا باعث کاهش NDF نسبت به عدم تلقیح شده است، به طوری 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 به ترتیب ۴/۴۳، ۳/۵۴، ۳/۴۳، ۴/۷۴ و ۲/۰۵ درصد کاهش یافته است. اسمیت و رد (۳۳) افزایش سطح برگ گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا را به ستنز هورمون های رشد از جمله اکسین نسبت دادند. در نتیجه با افزایش سطح برگ میزان NDF کاهش می یابد. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش سهم جو در نسبت های کشت، میزان دیواره سلولی افزایش یافت، چرا که بقولات نسبت به غلات از میزان مواد سلولزی و همی سلولزی کمتری

پیشرفت رشد، ADF افزایش خواهد یافت. همزمان با افزایش سن گیاه، دیواره سلولی ضخیم تر و خشبی تر شده و بر میزان فیبرخام و لیگنین آن افزوده می شود. این تغییرات تحت تأثیر دو عامل، افزایش نسبت ساقه به برگ و افزایش کربوهیدرات های ساختمانی به موازات افزایش سن گیاه است که در پژوهش انجام گرفته توسط آنها ADF رازیانه به دلیل تکمیل نیمی از دوره رشد خود، پایین تر از جو بوده است. همچنین به نظر می رسد کاهش میزان ADF کل علوفه در شرایط مخلوط با لگوم ها، از بالا بودن سطح برگ و تعداد برگ لگوم ها در شرایط سایه ناشی شده باشد. زیرا گیاهان در محیط های برخوردار از سایه برای افزایش جذب نور، مواد فتوسنتزی بیشتری را به تعداد برگ و رشد آن اختصاص می دهند و بر اثر افزایش نسبت برگ به ساقه میزان NDF و ADF کاهش می یابد (۱۶).

دیواره سلولی (NDF)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) بیانگر تفاوت معنی دار بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ دیواره سلولی در سطح احتمال یک درصد است. بیشترین میزان



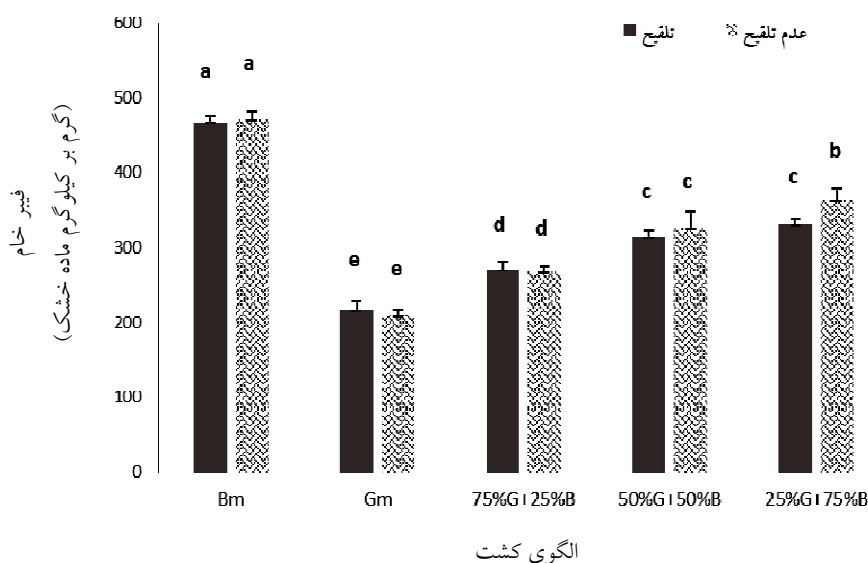
شکل ۳. میانگین دیواره سلولی علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می دهد.

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 مایکوزیما (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 تلقیح نشده (۲۱۰/۵ گرم در مترمربع) و خالص خلر تلقیح شده (۲۱۶/۱ گرم در مترمربع) تعلق داشت (شکل ۴). افراسیابی و همکاران (۱) گزارش کردند درصد فیبر در تیمارهایی با میزان پایین فسفر به دلیل کاهش کیفیت و خشبی شدن اندام های رویشی گیاه افزایش می یابد. علاوه بر این، درصد فیبر با درصد پروتئین علوفه همبستگی منفی دارد. با توجه به افزایش جذب فسفر در نتیجه تلقیح با مایکوزیما و کشت مخلوط، کاهش فیبر خام علوفه در نتیجه کاربرد قارچ مایکوزیما قابل توجه است. وگل - میکوس و همکاران (۳۶) تأثیرات مثبت قارچ مایکوزیما را به افزایش جذب فعال فسفر از خاک و انتقال آن به گیاه می دانند. همچنین نتایج نشان داد با افزایش سهم جو در الگوهای مختلف کشت، فیبر خام افزایش و در نتیجه کیفیت علوفه کاهش می یابد. دلیل این امر به بیشتر بودن مواد سلولزی و همی سلولزی جو در مقایسه

برخوردار هستند (۱۹ و ۲۰). راس و همکاران (۲۹) بیان کردند غلظت NDF بیشتر از ۵۵۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک به شدت مصرف علوفه توسط دام را کاهش می دهد. بنابراین، با گنجاندن لگوم ها در مخلوط با گراس ها، امکان افزایش کیفیت علوفه به دلیل کاهش NDF و ADF قابل انتظار است. علاوه بر این، مهرورز و چایچی (۲۲) گزارش کردند کاربرد قارچ مایکوزیما به صورت جداگانه و تلفیقی با باکتری های محرک رشد می تواند 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 معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بیشترین میزان فیبر خام در الگوهای کشت خالص جو تلقیح نشده (۴۷۰/۶ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح شده با مایکوزیما (۴۶۷/۱ گرم در مترمربع) مشاهده شد. بعد از آن الگوی کشت ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو تلقیح نشده با مایکوزیما (۳۶۳/۳ گرم در مترمربع) قرار داشت. تیمارهای ۵۰ درصد خلر + ۵۰ درصد جو



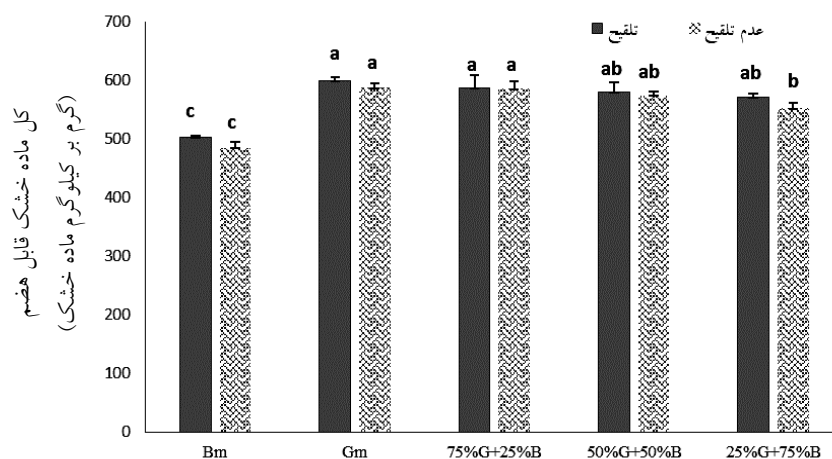
شکل ۴. میانگین فیبر خام علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می دهد.

بدون تلقیح (۵/۵۸۷ گرم در مترمربع)، ۷۵ درصد خلر + ۲۵ درصد جو تلقیح شده (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 تلقیح نشده (۴۸۴/۸ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح شده (۵۰۳/۵ گرم در مترمربع) مربوط بود (شکل ۵). به طور کلی تلقیح مایکوریزا نسبت به شرایط عدم تلقیح باعث افزایش کل ماده خشک قابل هضم شده است. به طوری 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، به ترتیب 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 به ویژه نیتروژن و فسفر و به تبع آن بهبود میزان پروتئین خام، میزان TDN نیز افزایش پیدا می کند (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 می یابد (۲۵). در همین رابطه مرادی و همکاران (۲۴) عنوان کردند کشت خالص ذرت به دلیل داشتن ADF زیاد، علوفه ای با

با خلر نسبت داده می شود (۳۱). اسماعیلی و همکاران (۸) و کیانی و همکاران (۱۸) به ترتیب 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 ویژگی های 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، علوفه ای با ارزش غذایی بالا و فیبر خام کمتر نسبت به کشت خالص آن محسوب می شود.

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 معنی داری وجود داشت. بالاترین میزان کل ماده خشک قابل هضم به الگوهای کشت خالص خلر تلقیح شده با مایکوریزا (۵۹۹/۹ گرم در مترمربع)، خلر



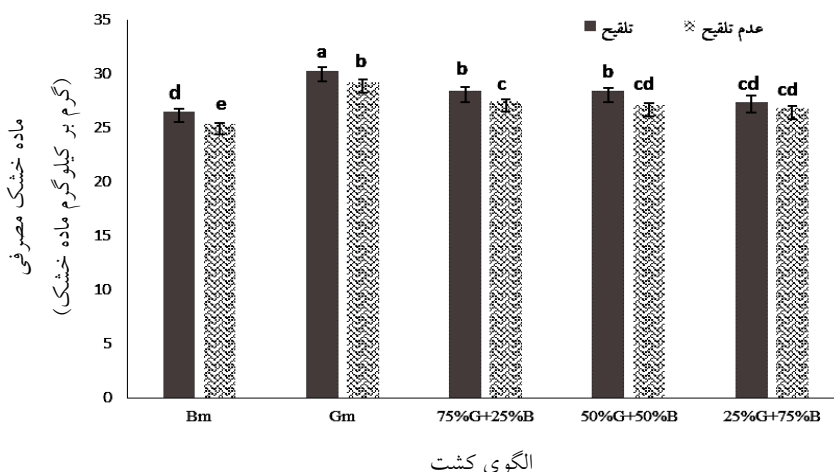
الگوی کشت

شکل ۵. میانگین کل ماده خشک قابل هضم علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار 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 می دهد.

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 معنی داری وجود داشت. بالاترین میزان ماده خشک مصرفی به الگوی کشت خالص خلر تلقیح شده 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 تلقیح شده (۲۸/۴۱ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) و ۵۰ درصد خلر + ۵۰ درصد جو تلقیح شده (۲۸/۳۹ گرم بر کیلوگرم وزن بدن) قرار داشتند (شکل ۶). دلیل آن به کمتر بودن NDF برمی گردد، 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. علاوه بر 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

قابلیت هضم کم دارد اما با اضافه شدن لوبیا چیتی و کدوی تخمه کاغذی به ذرت در مخلوط های دوگانه و سه گانه 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 نشان دهنده سهم دیواره سلولی علوفه است که شامل سلولز و لیگنین است بنابراین با افزایش ADF از قابلیت هضم علوفه کاسته می شود (۴ و ۳۸). نخ زری 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 به دلیل پایین بودن نسبت عملکرد جو به عملکرد خردل کاهش جزئی یافت. به طوری که درصد ماده خشک قابل هضم در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳/۳ درصد خردل به جای جو برابر با ۴۹/۶۹ و در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۶/۷ درصد خردل به جای جو برابر با ۴۸/۵۷ درصد بود. آنها بیان داشتند بالاتر بودن درصد ماده خشک قابل هضم و پایین تر بودن درصد فیبر غیر قابل حل در شوینده های اسیدی (ADF) در گیاه جو بیانگر بالاتر بودن کیفیت این گیاه نسبت به گیاه خردل است.



الگوی کشت

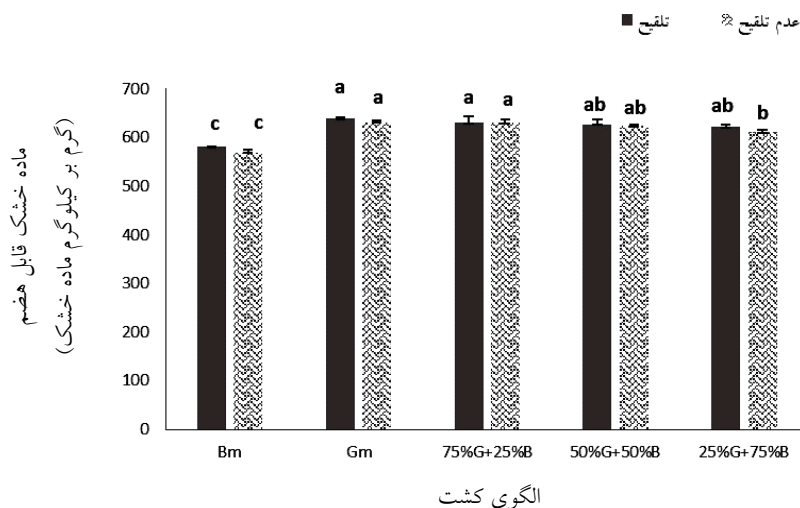
شکل ۶. میانگین ماده خشک مصرفی علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می دهد.

عدم تلقیح و ۷۵ درصد جو + ۲۵ درصد خلر تلقیح نشده معنی دار بود. کمترین میزان ماده خشک قابل هضم نیز در الگوهای خالص جو بدون تلقیح (۵۷۰ گرم در مترمربع) و خالص جو تلقیح شده (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 شاخص ها در علوفه حاصل از کشت خالص جو نسبت به علوفه مخلوط جو و خلر پایین تر بود، افزایش ماده خشک قابل هضم علوفه در کشت مخلوط قابل توجه است. لیتورگایدیس و همکاران (۲۱) پایین بودن ماده غذایی قابل هضم در گیاهی که دیواره سلولی عاری از همی سلولز 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 به دلیل پایین بودن نسبت عملکرد جو به عملکرد خردل کاهش جزئی یافت به طوری که درصد ماده خشک قابل هضم در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۳۳/۳ درصد خردل به جای جو برابر با ۴۹/۶۹ و در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۶۶/۷ درصد خردل به جای جو برابر با ۴۸/۵۷ بود.

میزان پروتئین خام کل بر اثر مخلوط با لگومها نسبت داده شده است (۴). بر اساس جداول کیفی استاندارد علوفه (۱۲) می توان 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 تلقیح شده، خالص خلر تلقیح نشده 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 مهم ترین برنامه های اصلاحی گیاهان علوفه ای است، زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیل عناصر مغذی را به وسیله دام، بهبود می بخشد (۳۸). نتایج تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) بیانگر تفاوت معنی دار 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 تلقیح شده (۶۳۹/۴ گرم در مترمربع) تعلق داشت که تفاوت آن فقط با الگوهای کشت خالص جو تلقیح و

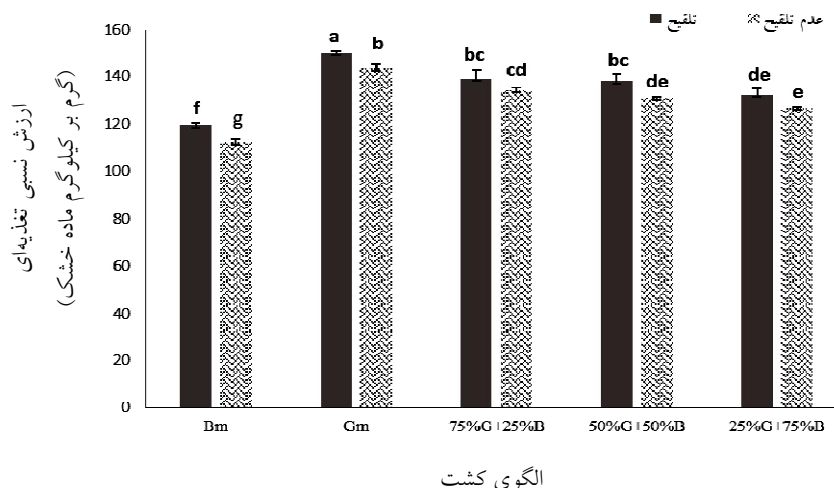


شکل ۷. میانگین ماده خشک قابل هضم علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار بین الگوهای کشت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است. Bm: کشت خالص جو و Gm: کشت خالص خلر. I: خطای استاندارد (SE) میانگین هر تیمار را نشان می دهد.

ارزش نسبی تغذیه ای (RFV)

۵۰ درصد خلر + ۵۰ درصد جو، و ۲۵ درصد خلر + ۷۵ درصد جو میزان RFV به ترتیب 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 به ترتیب همبستگی منفی با NDF و ADF علوفه دارند (۴ و ۳۴) و با توجه به کاهش معنی دار NDF و ADF در کشت مخلوط، افزایش RFV قابل انتظار است. یلماز و همکاران (۳۸) در کشت مخلوط جو با ماشک گل خوشه ای (*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 تغذیه ای علوفه حاصل از کشت مخلوط را به افزایش ماده خشک قابل هضم (DDM) و ماده خشک مصرفی (DMI) نسبت دادند. هورکس و والتاین (۱۲) گزارش کردند علوفه هایی که RFV بالای ۱۵۱ و ۱۵۰-۱۲۵ درصد داشته باشند از لحاظ کیفیت به ترتیب در رتبه ممتاز و عالی قرار

اصطلاح ارزش نسبی غذایی شاخص دیگری است که به منظور 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 می دهد. تجزیه واریانس و مقایسات گروهی (جدول ۲) نشان داد که بین الگوهای مختلف کشت از لحاظ ارزش نسبی تغذیه ای در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری وجود داشت. بالاترین میزان ارزش نسبی تغذیه ای به الگوی کشت خالص خلر تلقیح شده با مایکوریز (۱۵۰ درصد) تعلق داشت. بعد از آن الگوهای کشت خالص خلر بدون تلقیح (۱۴۳/۳ درصد)، ۷۵ درصد خلر + ۲۵ درصد جو تلقیح شده (۱۳۹/۱ درصد)، و ۵۰ درصد خلر + ۵۰ درصد جو تلقیح شده (۱۳۸/۱ درصد) قرار داشتند. کمترین میزان ارزش نسبی تغذیه ای نیز به کشت خالص جو تلقیح نشده (۱۱۲/۱ درصد) و پس از آن به کشت خالص جو تلقیح شده (۱۱۹/۵۴ درصد) مربوط بود (شکل ۸). همچنین نتایج نشان می دهد با کاربرد مایکوریزا در الگوهای کشت خالص جو، کشت خالص خلر، ۷۵ درصد خلر + ۲۵ درصد جو،



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.

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.

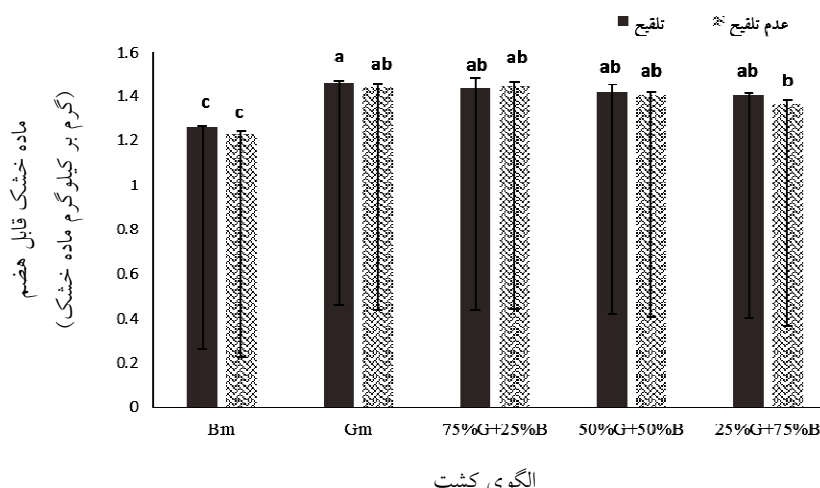
نتیجه‌گیری

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

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 مگا کالری 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 مگا کالری بر کیلوگرم) و خالص جو تلقیح‌شده با مایکوریزا (۱/۲۶۳ مگا کالری بر کیلوگرم) تعلق داشت (شکل ۹). می‌توان نتیجه گرفت تیمارهای تلقیح‌شده با مایکوریزا نسبت به تیمارهای تلقیح‌نشده، میزان انرژی ویژه



شکل ۹. میانگین انرژی ویژه شیردهی علوفه در الگوهای مختلف کشت. حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی دار 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 می دهد.

معنی داری یافتند. در نهایت بر اساس شاخص های NDF، DMI و RFV می توان بیان کرد که علوفه حاصل از کشت خالص خلر تلقیح شده با قارچ *Glomus intraradices* در رتبه ممتاز قرار گرفت و به علوفه حاصل از کشت های خالص جو تعلق گرفت. کشت های مخلوط تلقیح شده و تلقیح نشده و کشت خالص خلر بدون تلقیح در رتبه عالی واقع شدند. کمترین رتبه از لحاظ کیفی هم

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. Esmaelpour, 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. Esmaeli, A., M. B. Hossani, M. Mohammadi and F. S. Hossani Khah. 2013. Evaluation of grain yield, dry 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.

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. *Journal 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 and annual 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>.

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.

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

M. Haghaninia¹, A. Javanmard^{2*}, M. Nouraein³ and S. Mollaaliabasiyan⁴

(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