

Influence of Mycorrhizal Fungi and Phosphorus Fertilization on Forage Yield, and Nutritional Quality of Intercropped Chicory (*Cichorium intybus*) and Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum*)

Masoud Andideh¹, Alireza Yadavi^{2*} , Hamidreza Balouchi², Hooshang Farajee³

Received: May 19, 2024

Accepted: August 01, 2024

1- Ph.D. Student of Crop Ecology, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran

2- Prof, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran

3- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran.

*Corresponding Author Alireza Yadavi Email: Yadavi@yu.ac.ir.

Abstract

Background and Objectives: This study investigated the quantitative and qualitative traits of chicory and Egyptian clover, grown in Intercropping with mycorrhizal biofertilizer and triple superphosphate fertilizer.

Materials and Methods: A two-year field experiment was conducted. The experiment followed a randomized complete block design with three replications and a factorial arrangement of treatments. Fertilizer treatments included: no fertilizer (F0), 75 kg/ha triple superphosphate (F75), 150 kg/ha triple superphosphate (F150), mycorrhizal fungal (M), and mycorrhizal fungal + 75 kg/ha triple superphosphate (MP). Cropping systems included: pure chicory (C), pure Egyptian clover (B), intercropping with one row of clover replacing one row of chicory (C1B1), two rows of chicory replacing one row of clover (C2B1), and two rows of clover replacing one row of chicory (C1B2).

Results: The intercropping of two rows of clover and one row of chicory (C1B2) with mycorrhizal fertilizer treatment + 75 kg ha⁻¹ of triple superphosphate (MP) compared to pure chicory with mycorrhizal + 75 kg ha⁻¹ triple superphosphate fertilizer (MP) causing a 55.6% increase in crude protein, a 10.7% increase in digestibility, a 97.6% increase in soluble carbohydrates, a 29.6% decrease in acid detergent fiber and a 45.6% decrease in neutral fiber, and an improvement in phosphorus and potassium of chicory fodder. The quality characteristics of clover fodder in this treatment combination had the lowest drop compared to pure clover.

Conclusion: The combination of C1B2 cropping system treatment with MP fertilizer treatment emerged as the most balanced and cost-effective approach, aligning with the principles of sustainable agriculture.

Keywords: Bio-Fertilizer, Crude Protein, Dry Matter Digestibility, Multiple Cropping, Water Use Efficiency



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2025 Alireza Yadavi Email: Yadavi@yu.ac.ir.

<https://doi.org/10.22034/SAPS.2024.61717.3223>



تأثیر قارچ مایکوریزا و کود فسفره بر عملکرد و کیفیت علوفه مخلوط کاسنی (*Cichorium intybus*) و شبدر مصری (*Trifolium alexandrinum*)

مسعود آندیده^۱، علیرضا یدوی^{۲*}، حمیدرضا بلوچی^۲، هوشنگ فرجی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱	تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۳۰
-------------------------	--------------------------

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

*مسئول مکاتبه: Email: Yadavi@yu.ac.ir

چکیده:

مقدمه و اهداف: مطالعه صفات کمی و کیفی دو گیاه کاسنی و شبدر مصری در کشت مخلوط جایگزینی همراه با کود زیستی مایکوریزا و کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل انجام گردید.

مواد و روش ها: آزمایش‌های مزرعه ای دو ساله به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل تیمارهای کودی (بدون کود (F0)، ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار (F75)، ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار (F150)، قارچ میکوریزا (M)، قارچ میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار (MP)) و سیستم‌های کشت (کشت خالص کاسنی (C)، و شبدر مصری (B)، کشت مخلوط جایگزینی یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی (C1B1)، دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر (C2B1) و دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی (C1B2) بود.

یافته‌ها: کشت مخلوط دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی (C1B2) همراه با تیمار کودی مایکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار (MP) نسبت به کشت خالص کاسنی و تیمار مایکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار (MP) باعث افزایش ۵۵/۶ درصدی پروتئین خام، افزایش ۱۰/۷ درصدی قابلیت هضم، افزایش ۹۷/۶ درصدی کربوهیدرات محلول، کاهش ۲۹/۶ درصدی فیبر شوینده اسیدی و کاهش ۴۵/۶ درصدی فیبر خنثی علوفه کاسنی گردید. صفات کیفی شبدر نیز در این ترکیب تیماری از کمترین افت نسبت به کشت خالص شبدر برخوردار بود.

نتیجه‌گیری: کشت مخلوط دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی (C1B2) همراه با مایکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار (MP) نشان دهنده ترکیب متوازن و مقرون به صرفه در راستای اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

واژه های کلیدی: پروتئین خام، چند کشتی، قابلیت هضم ماده خشک، کارایی مصرف آب، کود زیستی

مقدمه

به موازات افزایش جمعیت جهان و همچنین تغییرات اقلیمی پیش رو که منجر به کاهش بارندگی در عرض‌های پایین خواهد شد کاهش منابع و تقاضا برای غذا نیز افزایش می‌یابد (مانینگ و سالمون ۲۰۰۷). برای پاسخگویی به این تقاضا، تلاش برای تولید محصولات علوفه‌ای کافی و با کیفیت با هدف تامین نیاز دامپروری ضروری است (هارت و همکاران ۲۰۲۲). دستیابی به هدف افزایش کیفیت علوفه در کنار اطمینان از حفظ محیط زیست جهت ثبات و پایداری تولید چالش‌هایی را در بر دارد (زین الدین و همکاران ۲۰۲۲). از جمله چالش‌های پیش روی هدف مذکور می‌توان افزایش بهره‌وری حین کاهش مصرف آب، اجتناب از افزایش عملکرد کمی به قیمت کاهش کیفیت علوفه، توجه به سلامت محیط زیست جهت ثبات و پایداری تولید علوفه در جهان و ایران را ذکر نمود (آمری و افشار جعفری ۲۰۱۶، سلما و صبری ۲۰۲۰). انتخاب گیاهان علوفه‌ای مقاوم به خشکی مانند کاسنی (*Cichorium intybus*. L) می‌تواند نقش موثری در حل این چالش‌ها داشته باشد (دلفین و همکاران ۲۰۲۲). کاسنی گیاه علفی چند ساله از خانواده *Asteraceae* است که به طور گسترده به عنوان یک محصول علوفه‌ای برای دام استفاده می‌شود (چیکوتا ۲۰۲۰). از ویژگی‌های کاسنی که آن را به علوفه کم هزینه و پر بازده تبدیل می‌کند می‌توان به رشد مناسب در خاک‌های فقیر و تحمل آن در برابر خشکسالی و همچنین مقاومت در برابر بسیاری از آفات و بیماری‌ها نام برد که منجر به کاهش مصرف آفت‌کشها و حفظ محیط زیست می‌گردد (لی و کمپ ۲۰۰۵). علاوه بر این نشان داده شده است که علوفه کاسنی اثرات مثبتی بر سلامت حیوانات و بهبود تولید شیر در گاوهای شیری دارد (مانگوه و همکاران ۲۰۲۰). مقادیر گزارش شده از عملکرد کاسنی خالص از ۱۶ تا ۱۹ تن ماده خشک در هکتار در سال در شرایط دیم و تا ۲۲/۶ تن در هکتار در سال در کشت آبی متغیر است (نیل و همکاران، ۲۰۰۹). با این حال، مدیریت کاسنی علوفه‌ای در مزارع به دلیل

محتوای لیگنین بالا می‌تواند چالش برانگیز باشد (مانگوه و همکاران ۲۰۲۰).

شبدر مصری (*Trifolium alexandrinum* L.) یک گیاه علوفه‌ای یک ساله از خانواده *Leguminous* است که به طور گسترده در جهان بعنوان علوفه و کود سبز کشت می‌شود. شبدر مصری به عنوان یک گیاه علوفه برتر توانایی تثبیت نیتروژن را داراست که باعث بهبود حاصلخیزی خاک شده و نیاز به منابع خارجی کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (سلما و صبری ۲۰۲۰). این گیاه ارزش غذایی بالایی دارد و منبع خوبی از پروتئین، مواد معدنی برای دام محسوب می‌شود (رادی و همکاران ۲۰۲۲). شبدر مصری را می‌توان به عنوان یک محصول تله برای کاهش گیاه خواری توسط آفات خانواده *Lepidoptera* استفاده کرد (کومار و چیمبا ۲۰۲۰). با این حال جستجو برای منبعی کم هزینه و سازگار با محیط زیست که بتواند کاسنی را از نیتروژن تثبیت شده توسط ریشه شبدر بهره مند گرداند و همزمان بتواند مانع از آبتجوی این عنصر گردد چالشی دیگر به حساب می‌آید. قارچ‌های میکوریزا نمونه‌های کلاسیکی از همزیستی می‌باشند. تخمین زده می‌شود که همزیستی میکوریزا آربوسکولار در ۸۰ درصد از خانواده‌های گیاهی از جمله بسیاری از گونه‌های زراعی مهم کشاورزی و باغبانی را شامل گردد (جمال صالح ۲۰۲۲). گزارش‌ها نشان داده که کشت مخلوط لوبیا و ذرت علوفه تلقیح شده با قارچ میکوریزا آربوسکولار (AMF^1) و باکتری ریزوبیوم باعث افزایش جذب فسفر آلی، عملکرد دانه، تعداد و وزن گره‌ها شده است (ژیائو و همکاران ۲۰۱۰). کشت مخلوط به کمک AMF می‌تواند با افزایش سطح دسترسی ریشه، جذب آب و مواد غذایی گیاه بویژه فسفر (P) را افزایش دهد که ضمن افزایش تحمل به تنش خشکی، منجر به تولید بیومس بیشتری نسبت به تک کشتی در شرایط کمبود آب، نیتروژن (N) یا فسفر خاک (P) شود (بده ۲۰۲۱). کشت مخلوط یکی از استراتژی‌های کشاورزی پایدار است که نیاز به کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها را کاهش می‌دهد و با

¹ Arbuscular mycorrhizal fungi

دو گیاه شبدر مصری و کاسنی با یکدیگر متفاوت است و در این رابطه پژوهشی با ویژگی های مذکور (کشت مخلوط جایگزینی همراه با مایکوریزا و کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل) بخصوص در شرایط ایران صورت نگرفته است. لذا فرضیات تحقیق حاضر مبتنی بر این نظریه است که کشت مخلوط شبدر مصری و کاسنی نسبت به کشت خالص دو گونه، باعث بهبود عملکرد کمی، ویژگی های کیفی، ارزش غذایی و کارایی مصرف آب خواهد شد. کارایی کودهای مایکوریزا در کشت مخلوط با استفاده از کودهای زیستی مایکوریزا در مقایسه با کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل سبب افزایش منطقی عملکرد کمی و صفات کیفی علوفه دو گونه خواهد گردید که منجر به ثبات و پایداری سیستم های کشاورزی می شود. بر این اساس هدف این تحقیق، بررسی تاثیر کودهای شیمیایی و زیستی فسفره بر تولید گیاهان علوفه ای شبدر مصری و کاسنی و یافتن بهترین ترکیب تیماری مخلوط شبدر و کاسنی از لحاظ صفات کمی و کیفی علوفه است.

مواد و روش

آزمایش ها در مزرعه ای واقع در شهر شیراز فارس (با طول و عرض جغرافیایی به ترتیب $52^{\circ}22'367''$ ، $29^{\circ}50'348''$) و ارتفاع ۱۴۸۶ متر از سطح دریا طی دو فصل رشد ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شد. خصوصیات خاک مزرعه مورد استفاده و آمار هواشناسی سال های آزمایش به ترتیب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. آزمایش ها به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل: تیمارهای کودی در پنج سطح (بدون کود (F0)، ۷۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار (F75)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار (F150)، تلقیح قارچ میکوریزا گونه *Funneliformis mosseae* تلقیح قارچ میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار (MP)) و تیمار سیستم های کشت نیز در پنج سطح (کشت خالص کاسنی (C)، کشت خالص شبدر مصری (B)، کشت مخلوط جایگزینی یک

افزایش حاصلخیزی خاک باعث کاهش فشار آفات و بیماری ها و افزایش کارایی استفاده از منابع شده و بدین وسیله عملکرد را بهبود می بخشد (رادی و همکاران ۲۰۲۲). در کشورهای مدیترانه ای، کشت مخلوط گیاهان علوفه ای و لگومینوز به دلیل توانایی آنها در افزایش کیفیت علوفه در مقایسه با سیستم های تک کشتی از استقبال بیشتری برخوردار است (جیامبالو و همکاران ۲۰۱۱). هر چند که با توجه به خصوصیات دو گیاه، اطلاعات اندکی در مورد سازگاری دو گیاه کاسنی و شبدر مصری در کشت مخلوط با هدف بهبود کیفیت علوفه دو گونه در دسترس می باشد. کیفیت علوفه را می توان با اندازه گیری پارامترهایی مانند میزان عناصر موجود در علوفه، میزان پروتئین خام، قابلیت هضم، فیبر محلول در اسید مقایسه کرد. افزایش پارامترهایی مانند عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، میزان پروتئین خام، درصد قندهای محلول در آب باعث بهبود کیفیت علوفه خواهد شد (سوراغلو و گولاپ ۲۰۲۳). مخلوط علوفه حاصل از کشت مخلوط به دلیل تغییر در ترکیب شیمیایی، ارزش غذایی مخلوط را در مقایسه با علوفه تک کشتی تغییر می دهد. مخلوط کردن علوفه لگومینوز با گیاهی مانند کاسنی می تواند بدلیل افزایش پارامترهای کیفی عملکرد دام را در کنار بهبود محیط زیست (کاهش گاز گلخانه ای متان در کنار افزایش تثبیت همزیستی نیتروژن) افزایش دهد (رادی و همکاران ۲۰۲۲). سهولت دسترسی نیتروژن مورد نیاز گونه مجاور گیاه شبدر مصری در کشت مخلوط که با افزایش محتوای پروتئین علوفه منجر به افزایش کیفیت آن می گردد برای محصولات علوفه ای مانند کاسنی توسط یوسف و همکاران (۲۰۲۱) گزارش شده است اما نقش مایکوریزا در افزایش این دسترسی، در تحقیقاتی از این دست سنجیده نشده است. شواهد متعددی نشان می دهد که نیتروژن می تواند از طریق حرکت زیرزمینی بین گیاهان در کشت مخلوط منتقل شود (مویرهنری و همکاران ۲۰۰۶). برخی از مطالعات گزارش دادند که ترکیب علوفه حاوی خانواده لگومینوز، با افزایش میزان پروتئین علوفه سبب بهبود تخمیر شکمبه ای گردید (دالپیزول و همکاران ۲۰۱۷). از آنجا که عملکرد کمی و کیفی علوفه

ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی (C1B1)، کشت مخلوط جایگزینی دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر (C2B1) و کشت مخلوط جایگزینی دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی (C1B2) بود. پس از گونیا کردن زمین و آبیاری در زمان گاور رو شدن عملیات آماده سازی مزرعه آزمایش جهت کاشت بذور دو گیاه بر اساس تیمار مربوطه به ترتیب شخم عمیق، دیسک، پنجه غازی او تسطیح زمین انجام شد. کشت بذور در عمق ۵ سانتیمتری با دست طبق تیمار مربوطه انجام پذیرفت. فاصله بین ردیف‌های گیاهان ۲۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها برای کاسنی ۵ سانتی‌متر و برای شبدر کمتر از ۱ سانتی‌متر بود تا نهایتاً در کشت خالص شبدر مصری ۵۴۰ بوته در متر مربع و برای کاسنی ۴۰ بوته در متر مربع بدست آمد. برای اندازه‌گیری

خصوصیات بررسی شده پلات به ابعاد ۳×۲ متر مربع با ۶ ردیف در هر کرت در نظر گرفته شد. میزان کود میکوریزا به ازای هر کیلوگرم بذر شبدر مصری و کاسنی طبق توصیه سازنده (زیست فناور سبز) ۶۰ تا ۷۰ گرم در کیلوگرم بذر بود که در زمان کاشت بذر در زیر بذر قرار داده شد. کود نیتروژن استارتر به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره ۴۶٪ در مرحله استقرار گیاهچه برای همه کرت‌ها اعمال شد. نیاز نیتروژن بعد از برش اول تنها برای کاسنی به میزان ۵۰ کیلوگرم کود اوره ۴۶٪ در هکتار بصورت سرک اعمال گردید. کود سوپر فسفات تریپل در مرحله کاشت بذر با توجه به تیمار مربوطه زیر بذر در عمق ۵-۶ سانتی متری استفاده شد. آبیاری بصورت بارانی با دبی ۴ لیتر در ثانیه طی فصل رشد و مجموعاً به میزان ۷۳۲/۵ لیتر در متر مربع اعمال گردید.

جدول ۱- مشخصات خاک منطقه آزمایش

سال	بافت	شن٪	رس٪	سیلت	کربن آلی٪	pH	EC(dS.m ⁻¹)	N(mg. kg ⁻¹)	P(mg. kg ⁻¹)	K(mg. kg ⁻¹)
۱۴۰۰	لومی رسی	۵۸	۱۰	۳۲	۰/۱۲	۶/۵۹	۱	۱	۱۱/۶	۳۰۰
۱۴۰۱	لومی	۴۹	۱۶	۳۵	۰/۱۷	۶/۵۶	۱	۲	۸	۲۴۰

جدول ۲- میانگین ماهانه اطلاعات دو ساله هواشناسی منطقه آزمایش

ماه	سال	تشعشع		دمای حداکثر		دمای حداقل		بارندگی		سرعت باد	
		(مگاژول بر متر مربع بر ثانیه)	(درجه سانتی‌گراد)	(درجه سانتی‌گراد)	(درجه سانتی‌گراد)	(میلی‌متر)	(متر بر ثانیه)	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۰	۱۴۰۱
دی	۱۵/۴۰	۱۳/۲۰	۱/۶۸	۱۲/۱۴	-۱/۱۵	-۰/۳۵	۰/۴۶	۲/۲۹	۱/۸۵	۲/۳۵	۱۴۰۰
بهمن	۱۷/۶۳	۱۷/۳۳	۱/۹۲	۱۵/۸۹	۱/۸۲	۰/۶۸	۱/۳۵	۰/۹۷	۱/۹۰	۲/۱۴	۱۴۰۰
اسفند	۲۲/۴۲	۲۱/۲۳	۲/۲۸	۲۱/۳۴	۵/۸۸	۵/۴۸	۰/۵۹	۰/۵۶	۲/۶۴	۲/۵۸	۱۴۰۰
فروردین	۲۳/۷۵	۲۳/۴۶	۲/۷۱	۲۶/۲۱	۱۰/۵۱	۱۰/۶۵	۰/۲۶	۰/۷۱	۲/۱۰	۲/۱۰	۱۴۰۰
اردیبهشت	۲۷/۱۲	۲۸/۰۹	۳۱/۶۵	۳۰/۶۱	۱۴/۲۴	۱۲/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۱	۲/۲۲	۲/۸۴	۱۴۰۰
خرداد	۲۶/۴۶	۲۶/۳۸	۳/۹۹	۳۷/۸۰	۲۱/۴۳	۲۱/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۲/۵۱	۲/۴۸	۱۴۰۰
تیر	۳۰/۶۳	۲۹/۷۰	۳/۵۷	۳۷/۲۳	۱/۹۰	۱۸/۵۵	۰/۰	۰/۰	۲/۳۲	۲/۴۴	۱۴۰۰
مرداد	۲۶/۱۲	۲۶/۶۲	۳۶/۴۷	۳۴/۷۱	۲۰/۴۲	۱۶/۹۷	۰/۰	۰/۰	۲/۳۴	۲/۰۸	۱۴۰۰
شهریور	۲۵	۲۳/۶۵	۳۴/۲۴	۳۴/۰۷	۱۶/۵۳	۱۷/۰۱	۰/۰	۰/۰	۱/۹۹	۱/۹۸	۱۴۰۰
مهر	۲۰/۸	۲۰/۷۴	۲۸/۶۴	۲۸/۷۱	۱/۷۹	۱۲/۱۷	۰/۰	۰/۰	۲/۰۷	۱/۷۶	۱۴۰۰
آبان	۱۴/۸۳	۱۴/۲۰	۲/۳۵	۱۹/۵۲	۶/۴۶	۷/۱۱	۰/۱۷	۱/۱۵	۱/۷۴	۲/۰۳	۱۴۰۰
آذر	۱۲/۱۰	۱۱/۴۶	۱/۰۱	۱۳/۳۹	۳/۰۷	۱/۱۰	۱/۴۲	۱/۹۹	۱/۹۴	۱/۶۱	۱۴۰۰

اندازه‌گیری کلونیزاسیون ریشه:

درصد کلونیزاسیون ریشه هر دو گیاه در زمان گلدهی شبدر در چین دوم به روش رنگ آمیزی با جوهر

مشخص گردید (فیلیپس و هایمن ۱۹۷۰). بدین منظور ابتدا ریشه‌ها شسته شده و به اندازه‌های یک سانتیمتری بریده شد. ریشه‌ها پس از رنگ بری با هیدروکسید

پتاسیم و خنثی شدن اسید اضافی با محلول سرکه و رنگ آمیزی با جوهر برای مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. درصد کلونیزاسیون ریشه از تقسیم ریشه‌های دارای معادله ۱: $100 \times (\text{تعداد ریشه های شمارش شده}) / (\text{تعداد ریشه های داری وزیکول}) = \text{درصد کلونیزاسیون ریشه}$

وزیکول یا هیف در زیر میکروسکوپ نسبت به تعداد ریشه‌های مشاهده شده با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

اندازه گیری خواص کمی

برای محاسبه ویژگی‌های کمی در هر سال شامل: میزان عملکرد علوفه خشک شبدر مصری و کاسنی برای هر کرت، سه چین علوفه با حذف اثرات حاشیه از مساحت یک متر مربع در زمان ۵۰ درصد گلدهی شبدر از هر کرت از ارتفاع ۵ سانتی متر بریده شدند و بلافاصله بر اساس گونه گیاهی توزین گردید. وزن خشک پس از قراردادن بوته‌ها به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۷۰ درجه در آون با ترازو اندازه‌گیری شد. از مجموع سه چین برای بیان عملکرد علوفه خشک استفاده شد.

اندازه‌گیری کارایی مصرف آب (WUE¹)

پس از اندازه‌گیری مجموع میزان آب مصرفی طی فصل رشد، کارایی مصرف آب با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد.

$$\text{معادله ۲: } WUE = Y / I$$

Y: عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار)، I: میزان آبیاری (متر مکعب در هکتار) و WUE کارایی مصرف آب است

اندازه‌گیری نسبت برابری زمین (LER²)

از رابطه شماره ۳ برای اندازه‌گیری LER مجموع علوفه خشک کشت مخلوط استفاده شد:

$$\text{معادله ۳: } LER = \frac{Y_{ic}}{Y_c} + \frac{Y_{ie}}{Y_e}$$

Y_{ic}: عملکرد علوفه خشک گیاه کاسنی در کشت مخلوط، Y_c: عملکرد علوفه خشک گیاه کاسنی در کشت خالص، Y_{ie}: عملکرد علوفه خشک گیاه شبدر مصری در کشت مخلوط، Y_e: عملکرد علوفه خشک گیاه شبدر مصری در کشت خالص است.

اندازه‌گیری صفات کیفی علوفه

برای اندازه‌گیری صفات کیفی مقدار ۵۰ گرم از نمونه خشک شده هر گیاه در هر کرت آسیاب گردید. صفات کیفی علوفه مانند درصد پروتئین خام (CP³)، درصد قابلیت هضم (DMD⁴)، درصد کربوهیدرات های محلول در آب (WSC⁵)، فیبر محلول در شوینده اسیدی (ADF⁶)، درصد فیبر محلول در شوینده خنثی (NDF⁷) اندازه‌گیری گردید. این اندازه‌گیریها به وسیله دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک NIR⁸ اندازه‌گیری شد (جعفری و همکاران ۲۰۰۳). اندازه‌گیری مقدار فسفر به روش خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی تعیین شد. برای تهیه خاکستر، از نمونه‌های آسیاب شده، یک نمونه ۱۰ گرمی جدا و به مدت ۵ ساعت در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. خاکستر حاصل برای تعیین مقدار جذب عناصر غذایی استفاده گردید. برای اندازه‌گیری فسفر از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد برای این منظور ۵ میلی‌لیتر از محلول خاکستر را به بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر منتقل شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر واکنشگر و انادات-مولیبدات افزوده و به حجم رسانده شد. پس از مخلوط کردن کامل بعد از مدت ۱۰ دقیقه شدت جذب محلول در طول موج ۴۵۰ نانومتر در مقابل محلول بلانک اندازه‌گیری شد. از روی شدت جذب غلظت به دست آمده و با توجه به گرم نمونه محلول نتیجه نهایی محاسبه شد. مقدار پتاسیم نیز با استفاده از خاکستر با استفاده از دستگاه فلم فتومتر (مدل Jenway 7, German) تعیین شد (پترسون و همکاران ۱۹۸۴). از نرم افزار SAS ورژن ۹/۴ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون بارتلت، تجزیه و تحلیل نتایج به روش تجزیه مرکب انجام گردید. از آزمون LSD برای مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

6 Acid Detergent Fiber

7 Natural Detergent Fiber

8 Near Infrared Reflectance Spectroscopy

¹ Water Use Efficiency

² Land Equivalent Ratio

³ Crude protean

⁴ Dry Matter Digestibility

⁵ Water soluble Carbohydrate

نتایج

خصوصیات کمی

درصد کلونیزاسیون ریشه

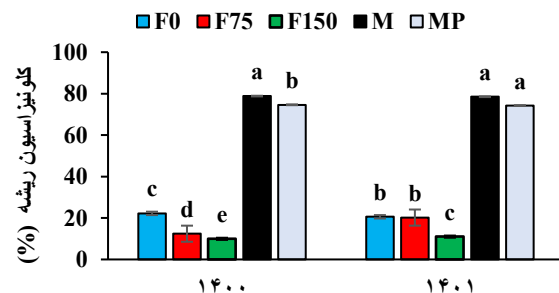
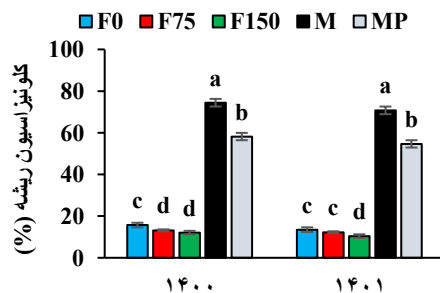
نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال نشان داد که اثرات کود، سیستم کشت، بر همکنش‌های سیستم کشت×کود و سال×کود بر درصد کلونیزاسیون ریشه گیاه کاسنی و شبدر معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین برهمکنش سال×کود برای صفت درصد کلونیزاسیون کاسنی (شکل ۱) و شبدر (شکل ۲) نشان داد که در هر دو سال برای هر دو گیاه، کمترین میزان درصد کلونیزاسیون ریشه مربوط به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل بود و بیشترین میزان آن در هر دو سال مربوط به تیمار مایکوریزا (M) بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کاشت بر

درصد کلونیزاسیون ریشه کاسنی نشان داد که بیشترین درصد کلونیزاسیون (۸۷٪/۹) در ترکیب سیستم کشت C1B2 همراه با تیمار مایکوریزا (M) و کمترین میزان تلقیح (۷٪/۸) مربوط به ترکیب تیماری C1B1 همراه با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل (F150) بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کاشت بر میزان کلونیزاسیون ریشه شبدر مصری نشان داد که بیشترین مقدار (۷۴٪/۵) مربوط به ترکیب تیماری C1B2 همراه با تیمار M و کمترین میزان (۱۰٪/۵) مربوط به ترکیب تیمار C2B1 همراه با F150 بود (جدول ۵). همچنین کاربرد کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل باعث کاهش این صفت نسبت به تیمار بدون مصرف کود گردید.

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو ساله اثر کود و سیستم کشت بر کلونیزاسیون ریشه، عملکرد علوفه خشک و کارایی مصرف آب کاسنی و شبدر

منابع تغییر	DF	کلونیزاسیون ریشه		علوفه خشک		کارایی مصرف آب	
		کاسنی	شبدر	کاسنی	شبدر	کاسنی	شبدر
سال (Y)	۱	۵۰/۷ ^{ns}	۳۴۵/۷ ^{**}	.. ^{ns}	۰/۲۴۱ ^{**}	.. ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{**}
تکرار (سال)	۴	۵۱/۳	۲۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱
کود (F)	۴	۲۶۶۹۰ ^{**}	۲۱۳۳ ^{**}	۷/۴۷ ^{**}	۸/۹۵ ^{**}	۰/۱۴ ^{**}	۰/۱۶۷ ^{**}
سیستم کاشت (C)	۳	۳۹۱/۷ ^{**}	۲۱۱/۲ ^{**}	۳۰/۹ ^{**}	۳۲/۷۴ ^{**}	۰/۵۷۶ ^{**}	۰/۶۱ ^{**}
F×C	۱۲	۱۵۷/۳ ^{**}	۵۳/۱۱ ^{**}	۰/۳۱ ^{**}	۰/۳۷۶ ^{**}	۰/۰۰۶ ^{**}	۰/۰۱ ^{**}
Y×F	۴	۱۳۸/۲ [*]	۲۸/۰۵ [*]	.. ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{**}	.. ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{**}
Y×C	۳	۱۰/۰۲ ^{ns}	۶/۵۴ ^{ns}	.. ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{**}	.. ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{**}
Y×F×C	۱۲	۷۰/۳ ^{ns}	۱۱/۴۸ ^{ns}	.. ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	.. ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}
خطا	۷۶	۴۱/۰۸	۹/۲۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات (%)		۱۶	۵/۵	۴/۰۱	۱/۴	۱/۱	۱/۴

ns و ** و *** به ترتیب با احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار و عدم معنی‌داری است.



شکل ۲- برهمکنش سال در سطوح مختلف کود بر درصد کلونیزاسیون ریشه شبدر.

شکل ۱- برهمکنش سال در سطوح مختلف کود بر درصد کلونیزاسیون ریشه کاسنی.

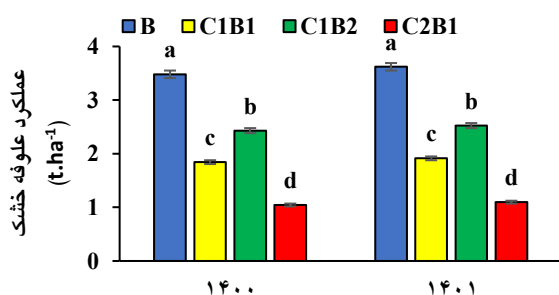
F0: بدون کود، F75: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، F150: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، M: مایکوریزا، MP: مایکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار

عملکرد علوفه خشک و کارایی مصرف آب (WUE)

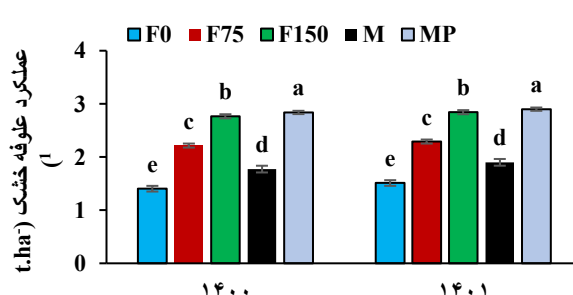
نتیجه تجزیه واریانس مرکب دو سال نشان داد که اثر کود، سیستم کشت، برهمکنش کود×سیستم کشت بر هر دو صفت عملکرد علوفه خشک و WUE کاسنی و شبدر معنی دار بود. همچنین برهمکنش سال×کود و سال×سیستم کشت بر صفات عملکرد علوفه خشک و WUE شبدر مصری معنی دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سیستم کشت و کود نشان داد که بین سطوح مختلف سیستم کشت و همچنین سطوح مختلف تیمار کودی برای هر دو گیاه از نظر صفات عملکرد علوفه خشک و WUE تفاوت معنی داری وجود داشت. بطوریکه مشخص گردید کاربرد مایکوریزا یا مایکوریزا +۷۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات باعث افزایش صفت مزبور نسبت به تیمار بدون کود (F0) گردید. بیشترین میزان عملکرد علوفه خشک کاسنی (۴/۶۷ تن در هکتار) مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کاسنی (C) همراه با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل بدون تفاوت معنی دار با مقدار کودی MP (۴/۶۱ تن در هکتار) و کمترین مقدار میزان عملکرد علوفه خشک کاسنی (۱/۰۴ تن در هکتار) مربوط به کشت مخلوط ۲:۱ کاسنی - شبدر (C1B2) بدون

کود بود (جدول ۴). بیشترین میزان WUE کاسنی مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کاسنی همراه با تیمار کودی MP (۰/۶۴ تن در متر مکعب) و کمترین مقدار (۰/۱۴ تن در متر مکعب) مربوط به کشت مخلوط C1B2 بدون کود بود (جدول ۴).

طبق نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمار کود × سیستم کشت، بیشترین میزان عملکرد علوفه خشک شبدر مصری (۴/۴۶ تن در هکتار) مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص شبدر (B) و کود MP و کمترین میزان (۰/۶۱ تن در هکتار) مربوط به کشت مخلوط C2B1 بدون کود (F0) بود (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش سال×کود برای عملکرد علوفه خشک شبدر مصری (شکل ۳) نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک شبدر در هر دو سال مربوط به تیمار MP و کمترین میزان مربوط به تیمار بدون کود (F0) بود. مقایسه میانگین برهمکنش سال×سیستم کشت مربوط به عملکرد علوفه خشک شبدر (شکل ۴) نیز نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک هر دو سال مربوط به کشت خالص شبدر مصری (B) و کمترین میزان مربوط به تیمار C2B1 بود.



شکل ۴- مقایسه میانگین برهمکنش سال × سیستم کشت برای علوفه خشک شبدر



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سال × کود برای علوفه خشک شبدر.

F0: بدون کود، F75: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، F150: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، M: میکوریزا، MP: میکوریزا +۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار
C1B2: دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C1B1: یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C2B1: دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر، B: خالص شبدر

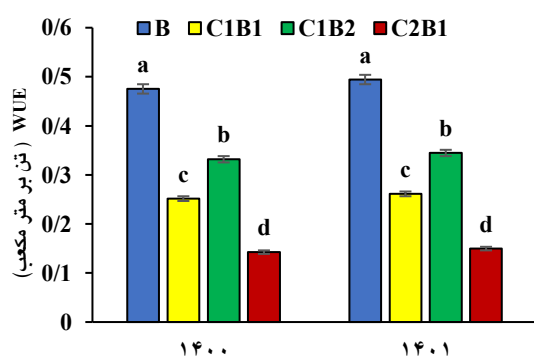
جدول ۴- مقایسه میانگین برهمکنش تیمار کود و سیستم کشت بر خصوصیات کمی کاسنی

کود (F)	سیستم کشت (C)	کلونیزاسیون ریشه %	علوفه خشک ton ha^{-1}	WUE ton. m^{-3}
F0	C1B1	۲۱/۸d	۱/۵n	۰/۲n
	C1B2	۲۳/۶d	۱/۰۴q	۰/۱۴q
	C2B1	۲۰/۳d-f	۱/۹j	۰/۲۶j
	C	۱۹/۹de	۲/۸۷f	۰/۳۹f
F150	C1B1	۷/۸g	۲/۴۷h	۰/۳۴h
	C1B2	۱۳/۲/eg	۱/۶۸l	۰/۲۳l
	C2B1	۱۰/۷fg	۳/۱۸c	۰/۴۳c
	C	۱۰/۳fg	۴/۶۸a	۰/۶۴a
F75	C1B1	۱۱/۸fg	۱/۶۹۱j	۰/۲۶j
	C1B2	۱۷/۳d-f	۱/۳۳o	۰/۱۸o
	C2B1	۱۲/۵fg	۲/۴۵h	۰/۳۳h
	C	۲۳/۷d	۳/۶۱b	۰/۴۹b
M	C1B1	۸۰/۸ab	۱/۵۹m	۰/۲۲m
	C1B2	۸۷/۹a	۱/۰۸p	۰/۱۵p
	C2B1	۶۹/۸c	۲/۰۶i	۰/۲۸i
	C	۶۷/۷c	۳/۰۶d	۰/۴۲d
MP	C1B1	۷۱/۴c	۲/۵۶g	۰/۲۵g
	C1B2	۸۶/۱a	۱/۷۹k	۰/۲۴k
	C2B1	۷۴/۹bc	۲/۹۴e	۰/۴۰e
	C	۷۳/۸bc	۴/۶۵a	۰/۶۴a

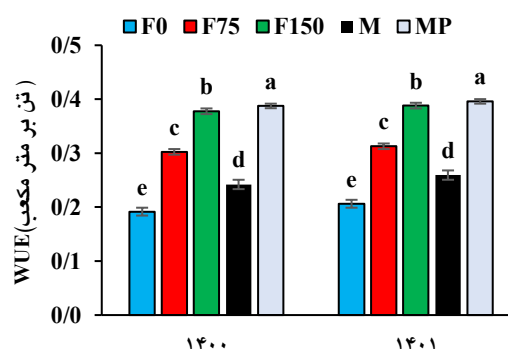
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵٪ ندارند.

F0: بدون کود، F75: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، F150: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، M: میکوریزا، MP: میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار

C1B2: دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C1B1: یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C2B1: دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر، C: خالص کاسنی



شکل ۵- برهمکنش سال × کود برای WUE شبدر.



شکل ۶- برهمکنش سال × کود برای WUE شبدر.

F0: بدون کود، F75: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، F150: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، M: میکوریزا، MP: میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار
C1B2: دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C1B1: یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C2B1: دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر، B: خالص شبدر

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش تیمار کود و سیستم کشت بر خصوصیات کمی شبدر

کود (F)	سیستم کشت (C)	کلونیزاسیون ریشه %	علوفه خشک ton h^{-1}	WUE ton m^{-3}
F0	B	۱۵/۴f	۲/۴۱g	۰/۳۲g
	C1B1	۱۴/۴fg	۱/۱۹o	۰/۱۶o
	C1B2	۱۵f	۱/۶۲k	۰/۲۲k
	C2B1	۱۲/۷fg	۰/۶۱r	۰/۰۸r
F150	B	۱۰/۹i-k	۴/۴۳a	۰/۶۱a
	C1B1	۱۰/۸jk	۲/۳۳h	۰/۳۲h
	C1B2	۱۲/۸g-i	۳/۰۶d	۰/۴۲d
	C2B1	۱۰/۵k	۱/۴m	۰/۱۹m
F75	B	۱۳/۷fg	۳/۵۳b	۰/۴۸b
	C1B1	۱۳gh	۱/۸۸j	۰/۲۶j
	C1B2	۱۲/۵g-j	۲/۴۷f	۰/۳۴f
	C2B1	۱۱/۷h-k	۱/۱۳p	۰/۱۵p
M	B	۷۲/۳b	۲/۹۲e	۰/۴e
	C1B1	۷۴/۳a	۱/۵۳l	۰/۲۱l
	C1B2	۷۴/۵a	۲/۰۲i	۰/۲۸i
	C2B1	۶۹/۲c	۰/۸۸q	۰/۱۲q
MP	B	۵۹/۷d	۴/۴۶a	۰/۶۱a
	C1B1	۵۵/۲e	۲/۴۶f	۰/۳۴f
	C1B2	۵۵/۳e	۳/۲۲c	۰/۴۴c
	C2B1	۵۵/۵e	۱/۳۳n	۰/۱۸n

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵٪ ندارند.
F0: بدون کود، **F75**: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، **F150**: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، **M**: میکوریزا،
MP: میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار
C1B2: دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، **C1B1**: یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، **C2B1**: دو ردیف کاسنی و یک ردیف
 شبدر، **B**: خالص شبدر

صفات کیفی علوفه خشک

پروتئین خام (CP):

نتیجه تجزیه واریانس مرکب دو سال نشان داد که اثر کود، سیستم کشت و برهمکنش کود×سیستم کشت، بر صفت پروتئین خام علوفه خشک کاسنی و شبدر معنی‌دار بود. همچنین اثر سال و برهمکنش سال×سیستم کشت برای صفت CP علوفه خشک شبدر معنی‌دار شد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کشت نشان داد که بیشترین میزان CP علوفه خشک کاسنی (۱۵/۶٪) مربوط به ترکیب تیماری C1B2 همراه با تیمار کودی MP و کمترین میزان (۷/۵٪) این صفت مربوط به کشت خالص کاسنی (C) و بدون کود (F0) بود (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کشت بر میزان CP علوفه خشک شبدر نشان داد که ترکیب تیماری کشت خالص شبدر (B) و تیمار کودی MP از بیشترین (۲۰/۶٪) و ترکیب تیماری ۲:۱ کاسنی-شبدر (C2B1) بدون کود (F0) از کمترین (۱۴/۸٪) میزان CP علوفه خشک شبدر برخوردار بودند (جدول ۸). مقایسه میانگین برهمکنش سال×سیستم کشت (شکل ۷) نیز نشان داد که بیشترین میزان CP علوفه خشک شبدر در هر دو سال مربوط به کشت خالص شبدر و کمترین میزان نیز مربوط به نسبت کشت دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر (C2B1) بود.

جدول ۶- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو ساله اثر کود و سیستم کشت بر خصوصیات کیفی علوفه و خشک کاسنی و شبدر

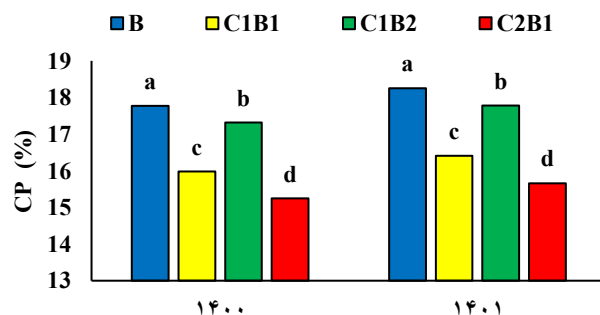
ADF		WSC		DMD		CP		DF	منابع تغییر
شیدر	کاسنی	شیدر	کاسنی	شیدر	کاسنی	شیدر	کاسنی		
۳۹/۹**	۸/۰۶**	۰/۰۱	۳۸/۲**	۱۶۸/۱*	۵۹/۷*	۶/۰۵**	۲/۴۱**	۱	سال (Y)
۰/۱	۲/۸	۶/۸۷	۰/۸۴	۰/۷۵۳	۰/۷	۰/۰۸۴	۰/۴۵۱	۴	تکرار (سال)
۸/۸۲**	۵۴/۹**	۷۳/۲۴**	۱۵/۱۸**	۲۵/۵۸*	۱۳/۶*	۱۳/۴۴**	۱۳/۳۷**	۴	کود (F)
۲۸**	۱۰۵۲**	۱۱۵/۸**	۱۹۲/۴**	۹۸/۳**	۱۵۱/۸*	۴۲/۱۹**	۲۱۷/۱**	۳	سیستم کشت (C)
۱/۰۴**	۴/۱۷**	۳۲/۸۷**	۱/۰۶۲**	۲/۰۶**	۰/۶۴۸*	۲/۲۵**	۰/۴۴۶**	۱۲	F×C
..ns	۰/۰۰۴ ^{ns}	..ns	۰/۰۰۱۷ ^{ns}	..ns	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۴	Y×F
..ns	۰/۰۷۳ ^{ns}	..ns	۰/۰۲۱۷ ^{ns}	..ns	۰/۰۲۵ ^{ns}	۰/۰۰۸*	۰/۰۲۹۴ ^{ns}	۳	Y×C
..ns	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	..ns	۰/۰۰۰۱۲ ^{ns}	..ns	۰/۰۰۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۱۲	Y×F×C
۰/۰۰۴	۰/۱۱۸	۴/۰۳	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۰۶۴	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۷۶	خطا
۰/۲	۱/۱	۱۶/۵	۳/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۳	۱		ضریب تغییرات %

*, **, ns: به ترتیب با احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار و عدم معنی‌داری است.

ادامه جدول ۶

k		P		NDF		درجه آزادی	منابع تغییر
شیدر	کاسنی	شیدر	کاسنی	شیدر	کاسنی		
۰/۰۱۱**	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۸۴/۶۷**	۳۸/۲**	۱	سال (Y)
۰/۰۰۱	۰/۰۱۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۱۷۴	۵/۷۸	۴	تکرار (سال)
۰/۰۳۸**	۰/۲۳۲**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۶۰/۶۷**	۱۳۲/۶**	۴	کود (F)
۰/۱۶**	۱/۴۴**	۰/۰۱۵**	۰/۰۶**	۲۴۶/۱**	۱۶۰۹**	۳	سیستم کشت (C)
۰/۰۰۳**	۰/۰۳۹**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۲**	۳/۳۳**	۱۱/۶**	۱۲	F×C
۰/۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۵ ^{ns}	..ns	۰/۰۲۵ ^{ns}	۴	Y×F
۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲ ^{ns}	..ns	۰/۳ ^{ns}	۳	Y×C
۰/۰۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۲ ^{ns}	..ns	۰/۰۰۲۲ ^{ns}	۱۲	Y×F×C
۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۶۶	۷۶	خطا
۱	۳/۵۱	۱/۷	۴/۱۴	۰/۶	۲		ضریب تغییرات %

*, **, ns: به ترتیب با احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار و عدم معنی‌داری



شکل ۷- مقایسه میانگین سال × سیستم کشت برای CP علوفه خشک شیدر

C1B2: دو ردیف شیدر و یک ردیف کاسنی، C1B1: یک ردیف شیدر و یک ردیف کاسنی، C2B1: دو ردیف کاسنی و یک ردیف شیدر، B: خالص شیدر

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش تیمار کود و سیستم کشت بر خصوصیات کیفی علوفه خشک کاسنی

کود	سیستم کشت	CP%	DMD%	WSC%	ADF%	NDF%	P%	K%
-----	-----------	-----	------	------	------	------	----	----

۱/۱۳ij	۰/۱۹g-i	۳۹/۹۴j	۲۸/۲۸k	۱۰/۰۲ij	۵۵hi	۱۳/۱۱i	C1B1	F0
۱/۲۷ef	۰/۰۲d-f	۳۶/۷۷lm	۲۶/۸۸n	۱۰/۹۵ef	۵۶/۶ef	۱۳/۸۷e	C1B2	
۱/۰۵l-n	۰/۱۷l	۴۷/۱۲e	۳۵/۸۴f	۷/۲۱-n	۵۳/۶l	۱۰/۴۴n	C2B1	
۰/۶۶q	۰/۰۶p	۵۲/۵۱a	۴۱/۴۸a	۶/۰۵p	۵۰/۸p	۷/۴۸s	C	
۱/۲۳fg	۰/۲e-g	۳۷/۵۱kl	۲۷/۱۴mn	۱۰/۶۶fg	۵۶/۳f	۱۳/۶۸f	C1B1	F150
۱/۴۸b	۰/۲۴b	۳۲/۹۴o	۲۴/۷۳o	۱۲/۹۵b	۵۸/۴b	۱۵/۴۹a	C1B2	
۱/۱j-l	۰/۱۸ij	۴۲/۴۹h	۳۱/۶۶i	۹/۲۴k	۵۴/۶j	۱۲/۱k	C2B1	
۱/۰۲no	۰/۱۵n	۴۹/۲۱cd	۳۷/۶۳d	۶/۹۷no	۵۳n	۹/۴۵p	C	
۱/۲gh	۰/۲e-h	۳۸/۱۵k	۲۷/۲۸m	۱۰/۴۳gh	۵۵/۷g	۱۳/۵۴g	C1B1	F75
۱/۴c	۰/۲۱c	۳۴/۴۳n	۲۵/۸۲p	۱۲/۳۹c	۵۷/۵c	۱۴/۹۶b	C1B2	
۱/۰۸j-m	۰/۱۸jk	۴۳/۸۷g	۳۳/۲۴h	۸/۱۸l	۵۴/۲k	۱۱/۴۲l	C2B1	
۱o	۰/۱۴n	۵۰/۰۷bc	۳۸/۲۵c	۶/۷۹o	۵۲/۷n	۸/۶۶q	C	
۱/۱۶hi	۰/۱۹f-h	۳۹/۳۵j	۲۷/۷۶l	۱۰/۲۷hi	۵۵/۳h	۱۳/۴۰h	C1B1	M
۱/۳۳d	۰/۲۱cd	۳۵/۹m	۲۶/۳۱q	۱۱/۷۸d	۵۷/۱d	۱۴/۶۱c	C1B2	
۱/۰۷k-n	۰/۱۷kl	۴۵/۸۷f	۳۴/۱۲g	۷/۳۶m	۵۳/۸l	۱۰/۹۸m	C2B1	
۰/۸۸p	۰/۱o	۵۰/۸۸b	۳۹/۲۹b	۶/۲۴p	۵۲/۴o	۸/۱۶r	C	
۱/۲de	۰/۲۱c-e	۳۶/۲۳m	۲۶/۷۷n	۱۱/۳۲e	۵۶/۷e	۱۴/۳۵d	C1B1	MP
۱/۷a	۰/۲۷a	۲۶/۳۷p	۲۳/۶۶r	۱۴/۰۷a	۵۹a	۱۵/۶۲a	C1B2	
۱/۱۱jk	۰/۱۹hi	۴۰/۹۵i	۲۹/۵۲j	۹/۶۸j	۵۴/۷ij	۱۲/۵۴j	C2B1	
۱/۰۴m-o	۰/۱۶m	۴۸/۴۶d	۳۶/۶۳e	۷/۱۲m-o	۵۳/۳m	۱۰/۰۳o	C	

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD دز سطح احتمال خطای ۵٪ ندارند.

F0: بدون کود، F75: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، F150: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، M: میکوریزا، MP: میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار

C1B2: دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C1B1: یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C2B1: دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر، C: خالص کاسنی،

قابلیت هضم ماده خشک (DMD)

نتیجه تجزیه واریانس مرکب دو سال نشان داد که اثر سال، کود، سیستم کشت و برهمکنش کود×سیستم کشت، بر صفت DMD علوفه خشک کاسنی و شبدر معنی‌دار بود. (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کشت برای صفت DMD علوفه خشک کاسنی نشان داد که بیشترین میزان DMD (۵۹٪) مربوط به ترکیب تیماری C1B2 همراه با تیمار کود MP و کمترین مقدار (۵۰/۸٪) مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص کاسنی (C) بدون کود (F0) بود (جدول ۷).

برهمکنش کود×سیستم کشت برای میزان DMD علوفه خشک شبدر نشان داد که بیشترین میزان DMD (۶۲/۹٪) مربوط به ترکیب تیماری کشت خالص شبدر (B) و تیمار کودی MP و کمترین مقدار (۶۲/۱٪) مربوط به ترکیب تیماری C2B1 بدون مصرف کود (F0) بود (جدول ۸). همچنین این نتایج نشان داد که با افزایش سهم

کاسنی به ویژه در شرایط عدم حضور مایکوریزا و کود شیمیایی سوپر فسفات، صفت کیفی مذکور روند کاهشی دارا بود (جدول ۷ و ۸).

کربوهیدرات محلول علوفه (WSC)

اثر کود، سیستم کاشت و برهمکنش کود×سیستم کاشت، بر صفت WSC علوفه خشک کاسنی و شبدر معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کاشت برای WSC علوفه خشک کاسنی نشان داد که بیشترین مقدار این صفت (۱۴/۱٪) مربوط به ترکیب تیماری C1B2 همراه با تیمار کودی MP و کمترین مقدار (۶/۰۵٪) مربوط به ترکیب کشت خالص کاسنی (C) بدون کاربرد کود (F0) بود (جدول ۷).

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش تیمار کود و سیستم کشت بر خصوصیات کیفی علوفه خشک شبدر مصری

کود	سیستم کشت	CP%	DMD%	WSC%	ADF%	NDF%	P%	K%
F0	B	۱۶/۵j	۶۴/۶fg	۱۱/۷b-d	۳۱/۶/k	۴۲/۷k	۰/۱۶i	۱/۲۴fg
	C1B1	۱۵/۹o	۶۳/۳i-k	۱۱/۳c-e	۳۲/۲f	۴۴/۹f	۰/۱۶m	۱/۱۹i
	C1B2	۱۶/۳۴k	۶۴/۴fg	۱۱/۶b-d	۳۱/۸j	۴۲/۹j	۰/۱۶ij	۱/۲۳g
	C2B1	۱۴/۸t	۶۱/۲m	۷/۹f	۳۴/۶a	۴۹/۵a	۰/۱۳q	۱/۱۱l
F150	B	۱۷/۹c	۶۶/۴c	۱۳/۳bc	۳۰/۶p	۴۰/۳r	۰/۱۹c	۱/۳۴b
	C1B1	۱۶/۲l	۶۴/۱gh	۱۱/۵cd	۳۱/۹i	۴۳i	۰/۱۶jk	۱/۲۳g
	C1B2	۱۷/۸d	۶۶cd	۱۲/۹b-d	۳۱/۱o	۴۰/۵q	۰/۱۸d	۱/۳c
	C2B1	۱۵/۷q	۶۲/۹k	۱۱/۱c-d	۳۲/۵d	۴۶/۱d	۰/۱۵o	۱/۱۷ij
F75	B	۱۷/۷e	۶۵/۹cd	۱۲/۶b-d	۳۱/۲n	۴۰/۷p	۰/۱۸e	۱/۳cd
	C1B1	۱۶/۱m	۶۳/۷hi	۱۱/۵cd	۳۲h	۴۳/۷h	۰/۱۶kl	۱/۲۳g
	C1B2	۱۷/۶f	۶۵/۶d	۱۲/۴b-d	۳۱/۳m	۴۰/۹o	۰/۱۸ef	۱/۲۹cd
	C2B1	۱۵/۶r	۶۲/۱l	۱۱ed	۳۲/۷c	۴۶/۴c	۰/۱۵op	۱/۱۶j
M	B	۱۷/۴g	۶۵/۱e	۱۲/۲b-d	۳۱/۴m	۴۱/۲n	۰/۱۷fg	۱/۲۸d
	C1B1	۱۶/۱n	۶۳/۵ij	۱۱/۴cd	۳۲/۲g	۴۴g	۰/۱۶lm	۱/۲h
	C1B2	۱۷/۲h	۶۴/۹ef	۱۱/۹b-d	۳۱/۵l	۴۲/۲m	۰/۱۷gh	۱/۲۵e
	C2B1	۱۵/۴s	۶۱/۸l	۹ef	۳۳b	۴۶/۹b	۰/۱۴p	۱/۱۳k
MP	B	۲۰/۶a	۶۹/۲a	۲۳/۷ad	۲۹/۴r	۳۶/۵t	۰/۲۶a	۱/۴۱a
	C1B1	۱۶/۷i	۶۴/۸ef	۱۱/۷b-d	۳۱/۶k	۴۲/۵l	۰/۱۷h	۱/۲۴ef
	C1B2	۱۸/۸b	۶۷/۱b	۱۳/۹/9b	۳۰/۳q	۳۸/۴s	۰/۲۴b	۱/۳۵b
	C2B1	۱۵/۸p	۶۳/۲jk	۱۱/۲c-e	۳۲/۴e	۴۵/۲e	۰/۱۵n	۱/۱۸i

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵٪ ندارند.

F0: بدون کود، F75: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، F150: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، M: میکوریزا، MP: میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار

C1B: دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C1B1: یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C2B1: دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر، B: خالص شبدر

هر دو صفت ADF و NDF دو گیاه کاسنی و شبدر بطور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کود، سیستم کشت و برهم‌کنش میان کود و سیستم کشت قرار گرفتند (جدول ۶).

مقایسه میانگین برهم‌کنش کود × سیستم کاشت نشان داد که کمترین میزان ADF (۲۳/۶۶٪) و NDF (۲۶/۳۷٪) علوفه خشک کاسنی مربوط به ترکیب تیماری C1B2 و کاربرد تیمار کودی MP بود در حالی که بیشترین مقدار این صفات به ترتیب (۴۱/۴۸٪) و (۵۲/۵۱٪) برای ADF و NDF در کاسنی مربوط به کشت خالص کاسنی بدون کاربرد کود بود (جدول ۷).

در گیاه شبدر نیز مقایسه میانگین برهم‌کنش کود × سیستم کاشت نشان داد که کمترین میزان ADF (۲۹/۴۲٪) و NDF (۳۶/۵٪) مربوط به تیمار کشت

همچنین مقایسه میانگین برهم‌کنش کود × سیستم کاشت برای WSC علوفه خشک شبدر نشان داد که بیشترین میزان این صفت (۲۳/۷٪) در شبدر متعلق به ترکیب تیماری کشت خالص شبدر (B) همراه با تیمار کودی MP و کمترین مقدار (۷/۱٪) متعلق به ترکیب تیماری C2B1 بدون کاربرد کود (F0) بود (جدول ۸). این نتایج همچنین نشان‌دهنده افزایش این صفت کیفی با کاربرد مایکوریزا و نسبت بیشتر گیاه شبدر بود (جدول ۷ و ۸)

فیبر قابل حل در شوینده خنثی (NDF) و فیبر قابل حل در شوینده اسیدی (ADF)

خالص شبدر (B) همراه با تیمار کودی MP بود و همچنین بیشترین میزان ADF (۳۴/۶٪) و NDF (۴۹/۵٪) شبدر مربوط به ترکیب تیماری C2B1 بدون کاربرد کود بود (جدول ۸)

درصد عناصر فسفر (P) و پتاسیم (K) علوفه خشک
اثر تیمارهای کود، سیستم کشت و برهمکنش میان آنها بر درصد عناصر فسفر و پتاسیم علوفه خشک گیاه کاسنی و شبدر مصری معنی‌دار شد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کشت نشان داد که بیشترین میزان درصد عناصر فسفر (۰/۲۷٪) و پتاسیم (۱/۷٪) علوفه کاسنی مربوط به ترکیب تیماری C1B2 همراه با تیمار کودی MP و کمترین مقدار فسفر (۰/۰۶٪) و پتاسیم (۰/۶۶٪) مربوط به کشت خالص کاسنی (C) بدون کاربرد کود (F0) بود (جدول ۷).

مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کشت برای درصد عناصر فسفر و پتاسیم علوفه خشک گیاه شبدر

نشان داد که بیشترین میزان درصد عناصر فسفر (۰/۲۶٪) و پتاسیم (۱/۴۱٪) علوفه شبدر مربوط به کشت خالص شبدر (B) همراه با تیمار کودی MP و کمترین مقدار فسفر (۰/۱۳٪) و پتاسیم (۱/۱۱٪) مربوط به سیستم کشت C2B1 بدون کاربرد کود (F0) بود (جدول ۸).

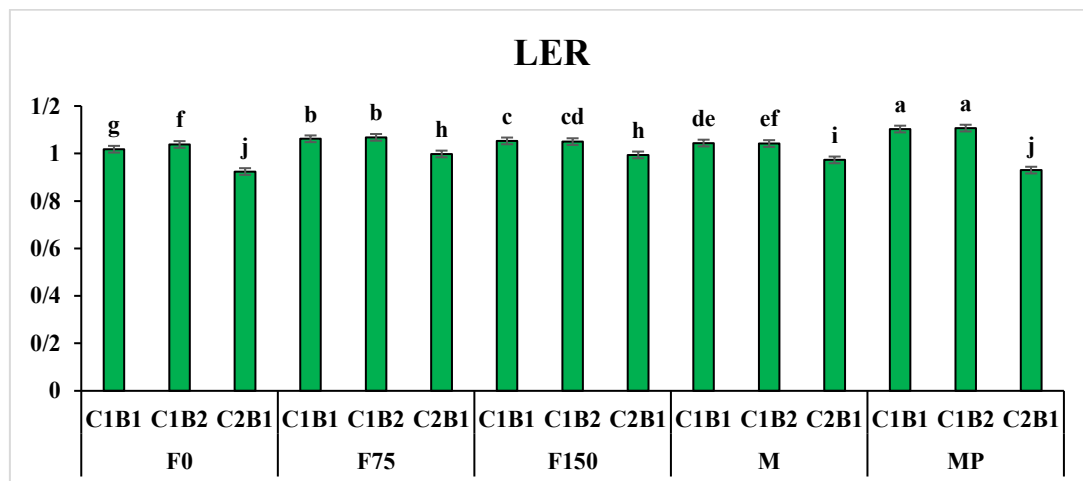
نسبت برابری زمین (LER):

اثر تیمارهای کود، سیستم کشت و برهمکنش میان آنها بر صفت LER علوفه خشک کشت مخلوط کاسنی و شبدر مصری معنی‌دار شد (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کشت در شکل ۸ نشان داد که بیشترین میزان LER (۱/۱۰۷) مربوط به ترکیب تیماری C1B2 همراه با تیمار کودی MP و کمترین مقدار (۰/۹۲۴) صفت مزبور نیز مربوط به به ترکیب تیماری (C2B1) بدون کاربرد کود (F0) بود.

جدول ۹: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب دو ساله اثر کود و سیستم کشت بر صفت LER علوفه خشک کشت مخلوط کاسنی و شبدر

منابع تغییر	درجه آزادی	LER
سال (Y)	۱	۰/۰۰۰۰۳ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۰/۰۰۰۰۳ ^{ns}
کود (F)	۴	۰/۰۰۸۲۷ ^{**}
سیستم کشت (C)	۳	۰/۰۹۰۱۸ ^{**}
F×C	۱۲	۰/۰۰۴۷۸ ^{**}
Y×F	۴	۰/۰۰۰۰۹ ^{ns}
Y×C	۳	۰/۰۰۰۰۶ ^{ns}
Y×F×C	۱۲	۰/۰۰۰۰۳ ^{ns}
خطا	۷۶	۰/۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات٪		۰/۴۹

ns و **: به ترتیب با احتمال یک درصد معنی‌دار و عدم معنی‌داری



شکل ۸- نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود×سیستم کشت برای صفت LER علوفه خشک کشت مخلوط کاسنی و شبدر مصری میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵٪ ندارند.

F0: بدون کود، F75: ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، F150: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، M: میکوریزا، MP: میکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار
C1B2: دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C1B1: یک ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی، C2B1: دو ردیف کاسنی و یک ردیف شبدر

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق (شکل ۲-۱) و همچنین جداول (۴-۵) نشان دهنده نقش کودهای فسفره‌آوری شده مانند سوپر فسفات به عنوان بازدارنده تلقیح گونه‌های میکوریزا می باشد. احتمالاً در شرایط کمبود فسفر، میزان فسفولپیدها در غشای سلول‌های ریشه کاهش می‌یابد. این کاهش در ادامه منجر به افزایش نفوذپذیری غشای این سلول‌ها شده که سبب افزایش ترشح قندهای احیاء و اسیدهای آمینه از ریشه به سمت قارچ میکوریزای مستقر در ریزوسفر می‌شود. در نتیجه درصد ریشه‌های تلقیح شده را افزایش می‌دهد، اما در شرایط در دسترس بودن فسفر شرایط متضاد این موضوع بوجود می‌آید (جمال صالحی ۲۰۲۲). نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط عدم وجود کود شیمیایی سوپر فسفات با افزایش نسبت شبدر، میزان همزیستی میکوریزا نیز بیشتر شده است. میزان کاهش عملکرد علوفه دو گونه در سیستم‌های مخلوط به دلیل تراکم کمتر آنها نسبت به کشت خالص قابل توجیه است. البته با توجه به کارایی تک بوته‌های دو گونه در سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هرگونه، می‌توان مشاهده نمود که در نسبت‌های مخلوط ۳۳، ۵۰ و ۶۶

درصد، عملکرد مخلوط دو گونه بیشتر از عملکرد خالص دو گونه در این نسبت‌ها می‌باشد. این موضوع از آنجا دارای اهمیت ویژه است که علیرغم عملکرد عددی بالاتر علوفه خشک و WUE ترکیب تیماری کشت خالص کاسنی و شبدر مصری همراه با کود MP، بیشترین مقادیر صفات کیفی همگی متعلق به ترکیب تیماری C1B2 همراه با کود MP بود. به نظر می‌رسد که وجود نسبت بیشتر شبدر در سیستم‌های مخلوط نسبت به تک کشتی، به دلیل فراهمی عناصر غذایی بویژه نیتروژن حاصل از تثبیت باکتریهای ریزوبیوم شبدر و تسهیل دسترسی ریشه کاسنی و ممانعت از آبشویی آن در کنار کارکردهای چند گانه میکوریزا مانند افزایش سطح تماس ریشه در خاک، اتصال ریشه گونه‌های مخلوط به یکدیگر، بهبود جذب و تسهیل دسترسی به عناصر مورد نیاز دو گونه مانند فسفر، پتاسیم، روی و غیره سبب افزایش کیفیت علوفه خشک دو گونه بویژه کاسنی در مخلوط گردیده است. WUE به عنوان نسبت زیست توده گیاهی تولید شده به مقدار آب مصرف شده محاسبه می‌شود و معیاری است که نشان می‌دهد گیاهان چقدر از آب به طور موثر استفاده می‌کنند. رابطه همزیستی بین گیاهان و میکوریزا استفاده کارآمدتر از

آب موجود را تسهیل کرده و کارآیی کلی استفاده از منابع توسط محصولات را بهبود می بخشد. علاوه بر این کاهش تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق بدلیل پوشش مناسب کانوپی حاصل از کشت مخلوط دو گونه و حضور مایکوریزا مجموعاً با افزایش بهره‌وری منجر به افزایش عملکرد علوفه خشک، WUE و صفات کیفی دو گونه مخلوط گردیده است. نتایج مشابه در تایید بهبود عملکرد علوفه در کشت مخلوط همراه با مایکوریزا در تحقیق سایا و همکاران (۲۰۱۶) و بهبود صفات کیفی در پژوهش بده (۲۰۲۱) گزارش شده است. حضور مایکوریزا در کنار گیاه شبدر بعنوان تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش درصد کلونیزاسیون در هر دو گیاه شبدر و کاسنی شده است. این افزایش با فراهمی عناصر غذایی ناشی از ترکیب مایکوریزا و گونه لگومینوز حاضر در کشت مخلوط از یک سو و استفاده کارآمد از نور در معماری کانوپی حاصل از گونه‌های دارای ارتفاع و پراکنش تاج متفاوت از سوی دیگر، می‌تواند باعث افزایش صفات کمی مانند عملکرد علوفه خشک در کنار افزایش WUE (بویژه در شرایطی که آب عامل محدودیت‌زا باشد) گردد. رابطه مستقیم بین افزایش غلظت نیتروژن گیاهان همراه در کشت مخلوط لگوم‌ها گزارش شده است (سلما و صبری ۲۰۲۰). از آنجا که میزان پروتئین خام با میزان نیتروژن در گیاه ارتباط مستقیم دارد، بنابراین انتقال نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم‌ها بوسیله ارتباط مایکوریزایی به گیاهی ماند کاسنی در کشت مخلوط با شبدر مصری می‌تواند موجب افزایش پروتئین خام کاسنی در کشت مخلوط شود. بنابراین، علاوه بر تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط لگوم‌ها و انتقال آن به وسیله مایکوریزا به کاسنی، افزایش جذب عناصر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بدلیل معماری متفاوت و ترشحات متنوع ریشه نیز می‌تواند از دلایل دیگر افزایش پروتئین خام در کشت مخلوط کاسنی با شبدر مصری در شرایط مایکوریزا باشد (بده ۲۰۲۱). DMD علوفه به نسبت ماده خشک موجود در علوفه که توسط حیوانات قابل هضم است اشاره دارد و یک

شاخص مهم برای کیفیت علوفه است، مقادیر بالاتر DMD نشان دهنده قابلیت هضم بهتر و در دسترس بودن مواد مغذی بیشتر برای دام است (سوراغلو و گولاپ ۲۰۲۳). DMD همبستگی مثبت با درصد پروتئین خام، WSC، عناصر علوفه و همچنین رابطه معکوس با درصد NDF و ADF دارد. در جداول ۷ و ۸ مشاهده می‌شود که میزان شاخص‌های NDF و ADF در علوفه حاصل از کشت خالص کاسنی نسبت به علوفه شبدر مصری بالاتر و درصد پروتئین خام و WSC پایین‌تر بود، لذا می‌توان دید که با افزایش نسبت شبدر همراه با مایکوریزا DMD و WSC علوفه کاسنی نیز افزایش یافت که تاییدی بر نقش موثر کشت مخلوط بر افزایش کیفیت علوفه بود. همسو با یافته‌های این پژوهش افزایش کیفیت علوفه با افزایش نسبت بیشتر شبدر توسط سلما و صبری (۲۰۲۰) در کشت مخلوط شبدر مصری و غلات گزارش گردید. همچنین افزایش DMD، CP علوفه کشت مخلوط گندم و جو در کشت مخلوط باقلا و همچنین کاهش NDF و ADF علوفه گندم و جو توسط لیتورجیدیس و همکاران (۲۰۰۷) گزارش گردید. کاهش کربوهیدرات‌های محلول در آب در مقابل افزایش کربوهیدرات‌های ساختمانی و افزایش نسبت ساقه به برگ دو عامل اساسی افزایش دیواره سلولی ضخیم‌تر و خشبی‌تر است که منجر به بالاتر رفتن میزان NDF و ADF علوفه می‌شود. کمتر بودن WSC و بیشتر بودن میزان NDF و ADF در کشت خالص کاسنی نسبت به شبدر مصری را به تفاوت در ویژگی‌های مورفولوژیک دو گیاه مانند بالاتر بودن سطح برگ و تعداد برگ لگوم‌ها و همچنین نسبت بیشتر ساقه به برگ در کاسنی در مقایسه با شبدر مصری می‌توان نسبت داد (رادی و همکاران ۲۰۲۲). مانگوه و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند میزان NDF و ADF در تیمارهایی با میزان پایین فسفر به دلیل 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

رقابت بین آنها، می‌تواند منجر به افزایش صفات کیفی و عناصر موجود در علوفه شود.

نتیجه‌گیری کلی

کشت مخلوط کاسنی با شبدر، به ویژه در نسبت‌های بیشتر شبدر همراه با مایکوریزا می‌تواند با بهبود کارایی تثبیت نیتروژن، جذب فسفر و پتاسیم به موازات افزایش عملکرد علوفه خشک و کارایی مصرف آب، تأثیر مثبتی بر بهبود صفات کیفی علوفه بویژه کاسنی داشته باشد. بالاترین میزان صفت LER به انضمام تمام صفات کیفی مذکور اندازه‌گیری شده در ترکیب تیماری C1B2 (دو ردیف شبدر و یک ردیف کاسنی) همراه با تیمار کودی MP (مایکوریزا + ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل) نشان دهنده ترکیب متوازن، منطقی و مقرون به صرفه این ترکیب تیماری در راستای اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

سیاسگذاری

بدین وسیله از حمایت دانشگاه یاسوج و همکاران گرامی دانشکده کشاورزی در اجرا و اتمام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

افزایش جذب فسفر در نتیجه تلقیح با مایکوریزا و کشت مخلوط، کاهش مواد سلولزی و همی سلولوزی علوفه در نتیجه کاربرد قارچ مایکوریزا قابل توجه است (رانیرو و سانتر ۲۰۲۳). نتیجه پژوهش اوزان و همکاران (۲۰۱۸) حاکی از تأثیر مثبت تلقیح میکوریزا بر ترکیب شیمیایی علوفه سورگوم بود که منجر به فیبر کمتر، CP بیشتر و DMD بالاتر علوفه سورگوم شد. وانگ و همکاران (۲۰۲۱) افزایش سطح برگ، تعداد برگ و در نتیجه افزایش نسبت برگ به ساقه گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا را به سنتز هورمونهای رشد از جمله اکسین نسبت دادند که در نتیجه با افزایش سطح و تعداد برگ میزان ADF و NDF کاهش می‌یابد. در سیستم‌های کشت مخلوط، قارچ‌های میکوریزی می‌توانند ریشه‌های شبدر و کاسنی را به هم متصل کرده و تبادل مواد مغذی بویژه نیتروژن، فسفر، روی و غیره را تسهیل کنند. این بهبود در دسترس بودن مواد مغذی می‌تواند تأثیر مثبتی بر محتوای عناصر از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم علوفه داشته باشد (رادی و همکاران ۲۰۲۲). همچنین سهولت دسترسی به عناصر مورد نیاز رشد دو گونه در کشت مخلوط بوسیله ارتباط ریشه‌ای بوسیله مایکوریزا با کاهش

منابع مورد استفاده

- Ameri AK and Ashraf Jafari A. 2016. Effect of mixed and row intercropping on yield and quality traits of alfalfa and three grass species in rain fed areas of Nothren Khorasan, Iran. Journal of Rangeland Science, 6(4): 377-387 (In Persian with English Abstract).
- Bede SM. 2021. Arbuscular mycorrhizal fungus-mediated interspecific nutritional competition of a pasture legume and grass under drought-stress. Rhizosphere, v. 18, 100349-102021 v.100318. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100349>
- Cichota R, McAuliffe R, Lee J, Minnee E, Martin K, Brown HE, Moot D and Jand Snow VO. 2020. Forage chicory model: Development and evaluation. Field Crops Research, 246, 107633. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107633>
- Dal Pizzol JG, Ribeiro-Filho HMN, Quereuil A, Le Morvan A and Niderkorn V. 2017. Complementarities between grasses and forage legumes from temperate and subtropical areas on in vitro rumen fermentation characteristics. Animal Feed Science and Technology, 228: 178-185. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.020>
- Delfine S, Fratianni A, D'Agostino A and Panfili G. 2022. Influence of Drought Stress on Physiological Responses and Bioactive Compounds in Chicory (*Cichorium intybus* L.): Opportunity for a Sustainable Agriculture. Foods, 11(22). <https://doi.org/10.3390/foods11223725>

- Giambalvo D, Amato G, Di Miceli G, Ruisi P and Frenda AS. 2011. Forage production, N uptake, N₂ fixation, and N recovery of berseem clover grown in pure stand and in mixture with annual ryegrass under different managements. *Plant and Soil*, 342: 379-391. <http://hdl.handle.net/10447/53723>
- Hart EH, Christofides SR, Davies TE, Rees Stevens P, Creevey CJ, Müller CT, Rogers HJ and Kingston-Smith AH. 2022. Forage grass growth under future climate change scenarios affects fermentation and ruminant efficiency. *Scientific Reports*, 12(1): 44-54. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08309-7>
- Jafari AA, Connolly V, Frolich A and Walsh EJ. 2003. A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 42: 293-299 .
- Jamal Salih A. 2022. Factors Affecting Mycorrhizal Activity. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.108099>
- Kumar R and Cheema HK. 2020. Restricting lepidopteran herbivory through trap cropping and bird perches in Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-0210-0>
- Li G and Kemp PD. 2005. Forage chicory (*Cichorium intybus* L :(.A review of its agronomy and animal production. *Advances in Agronomy*, 88: 187–222. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88005-8](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88005-8)
- Lithourgidis AS, Dhima KV, Vasilakoglou IB, Dordas CA and Yiakoulaki MD. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(2): 95-99. <https://doi.org/10.1051/agro:2006033>
- Mangwe MC, Bryant RH, Moreno García CA, Maxwell TMR and Gregorini P. 2020. Functional Traits, Morphology, and Herbage Production of Vernalised and Non-Vernalised Chicory cv. Choice (*Cichorium intybus* L.) in Response to Defoliation Frequency and Height. *Plants*, 9(5), 611. <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/5/611>
- Manning M and Solomon S. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change .
- Moyer-Henry KA, Burton JW, Israel DW and Rufty TW. 2006. Nitrogen Transfer Between Plants: A 15N Natural Abundance Study with Crop and Weed Species. *Plant and Soil*, 282(1): 7-20. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-3081-y>
- Neal JS, Fulkerson WJ, Lawrie R and Barchia IM. 2009. Difference in yield and persistence among perennial forages used by the dairy industry under optimum and deficit irrigation. *Crop and Pasture Science*, 60(11): 1071-1087. <https://doi.org/https://doi.org/10.1071/CP09059>
- Patterson BD, MacRae EA and Ferguson IB. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium(IV). *Analytical biochemistry*, 139(2): 487-492. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(84\)90039-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(84)90039-3)
- Phillips JM and Hayman DA. 1970. Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55: 158-161. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0007-1536(70)80110-3)
- Rady AMS, Attia MFA, Kholif AE, Sallam SMA and Vargas-Bello-Pérez E. 2022. Improving Fodder Yields and Nutritive Value of Some Forage Grasses as Animal Feeds through Intercropping with Egyptian Clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Agronomy*, 12(10), 2589. <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/10/2589>
- Raniero HR and Santner J. 2023. Differential phosphorus acquisition strategies of nine cover crop species grown in a calcareous and a decalcified chernozem. *Plant and Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06466-w>
- Saia S, Urso V, Amato G, Frenda AS, Giambalvo D, Ruisi P and Di Miceli G. 2016. Mediterranean forage legumes grown alone or in mixture with annual ryegrass: biomass production, N₂ fixation, and indices of intercrop efficiency. *Plant and Soil*, 402(1): 395-407. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2837-x>

- Salama H and Sabry A. 2020. Mixture cropping of berseem clover with cereals to improve forage yield and quality under irrigated conditions of the Mediterranean basin. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2): 159-167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aoas.2020.09.001>
- Severoglu S and Gullap MK. 2023. Determination of Feed Yield and Quality Parameters of Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L. (Pers.)) Populations Collected from Natural Flora. *Agronomy*, 13(6), 1471. <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/6/1471>
- Uzun P, Masucci F, Serrapica F, Varricchio ML, Pacelli C, Claps S and Di Francia A. 2018. Use of mycorrhizal inoculum under low fertilizer application: effects on forage yield, milk production, and energetic and economic efficiency. *The Journal of Agricultural Science*, 156(1): 127-135. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000072>
- Wang X, Feng H, Wang Y, Wang M, Xie X, Chang H, Wang L, Qu J, Sun K, He W, Wang C, Dai C, Chu Z, Tian C, Yu N, Zhang X, Liu H and Wang E. 2021. Mycorrhizal symbiosis modulates the rhizosphere microbiota to promote rhizobia-legume symbiosis. *Molecular Plant*, 14(3): 503-516. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.12.002>
- Xiao T-j, Yang Qs, Ran W, Xu Gh and Shen Q-r. 2010. Effect of Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungus on Nitrogen and Phosphorus Utilization in Upland Rice-Mungbean Intercropping System. *Agricultural Sciences in China*, 9(4): 528-535. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60126-7](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60126-7) .
- Youseif SH, Abd El-Megeed FH, Mohamed AH, Ageez A, Veliz E and Martínez-Romero E. 2021 .Diverse Rhizobium strains isolated from root nodules of *Trifolium alexandrinum* in Egypt and symbiovars. *Systematic and Applied Microbiology*, 44(1): 126-156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.syapm.2020.126156>
- Zen El-Dein AAM, Koriem MHM, Alsubeie MS, Alsalmi RA, Masrahi AS, Al-Harbi NA, Al-Qahtani SM, Awad-Allah MMA and Hefny YAA. 2022. Effect of Mycorrhiza Fungi, Preceding Crops, Mineral and Bio Fertilizers on Maize Intercropping with Cowpea. *Agriculture*, 12(11), 1934. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/11/1934>